



---

# PROSIDING

SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI UGM 2016

---

FRONTIER IN INDUSTRIAL ENGINEERING

---

2016



ISBN 978-602-73431-3-0

*Halaman ini sengaja dikosongkan*

# **Prosiding**

**SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI 2016  
UNIVERSITAS GADJAH MADA**

*Frontier in Industrial Engineering*

**Yogyakarta, 27 Oktober 2016**

Diterbitkan oleh:

**Departemen Teknik Mesin dan Industri  
Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada**

---

---

**Prosiding Seminar Nasional Teknik Industri 2016**  
*Frontier in Industrial Engineering*

© 2016 Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,  
Universitas Gadjah Mada – Yogyakarta

**ISBN 978-602-73461-3-0**

Alamat : Jl. Grafika No.2, Yogyakarta, 55281  
Email : [senti.ft@ugm.ac.id](mailto:senti.ft@ugm.ac.id)

---

---



## KATA PENGANTAR

**SeNTI** atau Seminar Nasional Teknik Industri merupakan seminar nasional yang dilaksanakan oleh Program Studi Teknik Industri Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada. SeNTI dan seminar-seminar pendahulu misalnya CAE (*Conference on Applied Ergonomics*), SMART (*Seminar on Application and Research in Industrial Technology*), dan Teknosim (Seminar Nasional Teknologi Simulasi) telah berhasil dimanfaatkan oleh para pesertanya (peneliti, praktisi, dan mahasiswa) sebagai media berkomunikasi dan mengembangkan jejaring terkait dengan bidang-bidang keilmuan pada ranah teknik industri dan teknologi industri secara umum.

Topik utama seminar nasional ini adalah *Frontier in Industrial Engineering*. Topik ini diambil untuk mewadahi capaian-capaian terkini di bidang Teknik Industri sehingga bisa diharapkan terjadinya pertukaran informasi dan pengembangan jejaring dalam bidang Teknik Industri. Namun demikian, topik bidang lainnya yang terkait dengan ilmu teknik industri juga dapat disampaikan dalam seminar ini.

Pada tahun 2016 ini, SeNTI 2016 dilaksanakan di Yogyakarta, Indonesia. Seminar ini diselenggarakan oleh Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada. Seminar ini dibagi dalam empat topik utama, yakni Ergonomika, Riset Operasi, Sistem Manufaktur, dan Teknik Produksi.

Seminar ini dapat terlaksana dengan sukses berkat partisipasi dan bantuan dari berbagai pihak. Panitia mengucapkan terima kasih kepada para pembicara inti, mitra bestari, pemakalah, peserta, dan semua pihak yang telah membantu terselenggaranya seminar ini.

Yogyakarta, 27 Oktober 2016  
Ketua Panitia

**Ir. Subagyo, Ph.D**  
NIP. 196910062002121001



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## SUSUNAN PANITIA

### Pengarah

**Dekan Fakultas Teknik UGM**

Prof. Ir. Panut Mulyono, M.Eng, D.Eng

**Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM**

Prof. Moch Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.

**Sekretaris Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM**

Fauzun, ST., MT., Ph.D

**Ketua Program Studi Sarjana Teknik Industri UGM**

Bertha Maya Sopha, S.T., M.Sc., Ph.D.

**Ketua Program Studi Pascasarjana (S2) Teknik Industri UGM**

MK Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D

**Ketua Program Studi Pascasarjana (S3) Teknik Industri UGM**

Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc., Ph.D.

### Penanggung Jawab

**Ketua Departemen Teknik Mesin dan Industri UGM**

Prof. Moch Noer Ilman, S.T., M.Sc., Ph.D.

### Panitia

**Ketua Panitia** : Ir. Subagyo, Ph.D

**Wakil Ketua Panitia** : Dr. Titis Wijayanto, S.T, M.Des

**Anggota** :

Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D

Anna Maria Sri Asih, S.T., M.M., M.Sc., Ph.D

Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D

IGB Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D

Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D

Sinta Sulistyoy, S.T., MSIE

Adyk Marga Raharja, S.T.

Agus Hindarto Wibowo, S.T.

Amalia Azka Rahmayani, S.T.

Arry Darmawan, S.Si.

Astrid Wahyu A, S.T.

Berty Dwi Rahmawati S.T.

Broto Widya Hartanto, S.T.

Deni Saputra, S.T.

Dewa Kusuma Wijaya, Ir. S.T.

Elsya Paskaria Loyda, S.T.

Fitriani Surraya Lubis, S.T.

Hapsoro Agung Jatmiko, S.T.



Hassiana Situmorang, S.T.  
Hasyrani Windyatri, S.T.  
Intan Mardiono, S.T.  
Isti Faizah Noor, S.T.  
Kartinasari Ayuhikmatin Sekar, S.T.  
Mayesti Kurnianingtias, S.T.  
Miftahulkhair Adianto, S.T.  
Mochamad Sugeng Mentariadi, S.T.  
Muhammad Armihadi Nugraha, S.T.  
Nova Suparmanto, S.Pd.  
Nugraha Muharafandy, S.T.  
Prihanto Edy Sanjaya, S.T.  
Raeshifa Diani, S.T.  
Rayanda Utomo Abdianto, S.T.  
Rineita Diah Iriani, S.T.  
Rizky Syahrani Andrifana, S.T.  
Rozar Rayendra, S.T.  
Sukiman B, S.T.  
Suwandi, S.T.  
Syarif Al Fajrin, S.T.  
Yessy Nasia Ulfia, S.T.

**Editor:**

Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D  
I G. B. Budi Dharma, S.T., M.Eng., Ph.D.  
M. K. Herliansyah, S.T., M.T., Ph.D.  
Nur Aini Masruroh, S.T., M.Sc., Ph.D.

**Reviewer:**

Alva Edy Tontowi, Ir. M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Andi Rahadiyan Wijaya, S.T, M.Sc, Lic., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Andi Sudiarso, S.T, M.T, M.Sc., Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Anna Maria Sri Asih, S.T, M.M, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Bertha Maya Sopha, S.T, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Budi Hartono, S.T, MPM, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Dawi Karomati Baroroh, S.T, M.Sc,	(Universitas Gadjah Mada)
Dwi Agustina Kurniawati, S.T., M.Eng. Ph.D.	(Universitas Islam Negeri Yogyakarta)
Hari Agung Yuniarto, S.T, M.Sc, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Herianto, S.T, M.Eng., Dr. Eng	(Universitas Gadjah Mada)
I Gusti Bagus Budi Dharma, S.T, M.Eng, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Indro Pranoto, S.T., M.Sc.	(Universitas Gadjah Mada)
Isti Surjandari P., Prof. Ir. MT., Ph.D	(Universitas Indonesia)
M. Arif Wibisono, S.T, M.T., Dr. Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
MK Herliansyah, S.T, M.T, Ph.D	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Aini Masruroh, S.T, M.Sc., Ph.D.	(Universitas Gadjah Mada)
Khasani, S.T., M.Eng., Dr.Eng.	(Universitas Gadjah Mada)
Nur Indrianti, Ir. M.T., DEg.IPM.	(Universitas Pembangunan Nasional)



Rini Dharmastiti, Ir. M.Sc, Ph.D  
Sinta Sulisty, S.T., MSIE  
Subagyo, Ir. Ph.D  
The Jin Ai, S.T., M.T., Dr.Eng.  
Titis Wijayanto, S.T, M.Des., Dr. Eng.  
V. Reza Bayu Kurniawan, S.T., M.Sc.

(Universitas Gadjah Mada)  
(Universitas Gadjah Mada)  
(Universitas Gadjah Mada)  
(Universitas Atma Jaya Yogyakarta)  
(Universitas Gadjah Mada)  
(Universitas Sarjanawiyata Tamansiswa)



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
KATA PENGANTAR	ii
SUSUNAN PANITIA	iii
DAFTAR ISI	vi

### ER-ERGONOMIKA

Judul dan Penulis	Halaman
Pengembangan Instrumen Pengukuran Persepsi Karyawan Terhadap Budaya Keselamatan dan Budaya Keamanan Kerja di Bidang Nuklir <b>Atyanti Dyah Prabaswari, Rini Dharmastiti</b>	<b>ER-2</b>
<i>Judgemental Biases</i> Pada Estimasi Proyek <b>Bagus Wahyu Utomo, Budi Hartono</b>	<b>ER-10</b>
Analisis Sistem Kerja <i>Shift</i> Terhadap Tingkat Kelelahan Perawat di Bangsal Bedah RSUD Karanganyar menggunakan <i>Subjective Self Rating Test</i> <b>Helma Hayu Juniar, Rahmadiyah Dwi Astuti</b>	<b>ER-18</b>
Standar Operasional Prosedur (SOP) Aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Unit Sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah operasi VI Yogyakarta <b>Widodo Hariyono, Yusuf Faishol Awaluddin</b>	<b>ER-25</b>
Perancangan Permainan Edukasi Interaktif Berbasis Teknologi <i>Motion Gesture</i> Terhadap Anak Tunagrahita Ringan <b>Amanda Ariella, Thedy Yogasara, Johanna Renny Octavia Hariandja</b>	<b>ER-33</b>
Usulan Perbaikan Fasilitas Bermain <i>Outdoor</i> Anak-Anak Dengan Metode <i>Besafe</i> (Studi Kasus: TK. Islam Silmi Samarinda) <b>Hana Bela Sundjaya, Farida Djumiati Sitania, Lina Dianati Fathimah hayati</b>	<b>ER-43</b>
Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terkait Kasus Kecelakaan Kerja Pada Bagian Produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang <b>Widodo Hariyono, Rio Wahyu Saputra</b>	<b>ER-57</b>
Perbandingan Profil Kepemimpinan Manajer Proyek dan Manajer Non-proyek di Indonesia <b>Dyah Ari Susanti, Budi Hartono</b>	<b>ER-67</b>
Analisis Perbandingan Tingkat Usabilitas Pada <i>Webmail Services</i> (Gmail & Hotmail) <b>Hasan Mastriswadi, Faradila Ananda Yul, Devy Dwi Orshella, Yusri Habibah, Rini Dharmastiti</b>	<b>ER-75</b>
Evaluasi Heuristik Usabilitas pada <i>Augmented Reality</i> Pembelajaran Anatomi Tengkorak Manusia <b>Maharsa Pradityatama, I.G.B. Budi Dharma, Nur Arfian</b>	<b>ER-86</b>
Konsep Rancangan Alat Penanam Benih Jagung Dengan Pendekatan <i>Axiomatic Design</i> <b>Oni Achmadi, Hari Purnomo</b>	<b>ER-93</b>



## ER-ERGONOMIKA

Judul dan Penulis	Halaman
Perancangan Ulang dan Pembuatan Prototipe Kereta Belanja Ergonomis untuk Optimalisasi Penggunaan <b>Dino Caesaron, Mirna Lusiani</b>	<b>ER-102</b>
Analisis Resiko Kerja pada Proses <i>Casting</i> dengan Metode <i>Job Safety Analysis</i> di PT. Delta Logam Makmur <b>Diana Puspita Sari, Jonathan Michael F. Sinaga</b>	<b>ER-111</b>
Analisis Risiko Kerja pada Departemen <i>Polyster Divisi Staple Fiber Batch</i> PT. ITS dengan Metode <i>Job Safety Analysis (JSA)</i> <b>Novie Susanto, Heru Prastawa, Siti Nur Azizah</b>	<b>ER-121</b>
Redesign Gawangan dan Kursi pada Proses Pencantingan Batik Tulis <b>Poppy Nandasari, Bambang Suhardi, Susy Susmartini</b>	<b>ER-130</b>
Faktor-Faktor Penentu Tingkat Partisipasi Masyarakat dan Perspektif Islam Tentang Pengelolaan Sampah di Kota Pasir Pengaraian <b>Muhammad Nur</b>	<b>ER-140</b>
Analisis Kepuasan Masyarakat Terhadap Pelayanan Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru Dengan Pendekatan <i>Importance Performance Analysis (IPA)</i> dan <i>Potential Gain in Customer Value (PGCV)</i> <b>Dewi Diniaty</b>	<b>ER-148</b>
Analisis Pengaruh Posisi Penggunaan <i>Welding Simulator</i> Terhadap <i>Visual Induced Motion Sickness (VIMS)</i> <b>Fedia Restu, Titis Wijayanto</b>	<b>ER-159</b>

## RO-RISET OPERASI

Judul dan Penulis	Halaman
Pengembangan Model Matematika <i>Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Multi-Trips and Multi-Products</i> <b>Fran Setiawan, Nur Aini Masruroh</b>	<b>RO-2</b>
<i>Algoritma Cross Entropy</i> untuk Penentuan Rute Kendaraan dengan Penjemputan dan Pengantaran yang Mempertimbangkan Jendela Waktu dan Durasi Maksimum <b>Andriansyah, Suhendrianto, Prima Denny Sentia</b>	<b>RO-12</b>
Integrasi AHP-TOPSIS Pada Kraljic Portofolio Matrix Dalam Penentuan Strategi Pembelian (Studi Kasus: P.T Hitachi Construction Machinery Indonesia) <b>Aries Susanty, Arfan Bakhtiar, Febrina Ramadhona</b>	<b>RO-22</b>
Perbandingan Metode <i>Croston</i> , <i>Syntetos</i> dan <i>Boylan (CSB)</i> dengan Metode <i>Markov Model First Orde-Bootstrap</i> dalam Peramalan <i>Intermittent Demand</i> <b>Mega Purnamasari, Nur Aini Masruroh</b>	<b>RO-31</b>
Penentuan Produk, Jumlah dan Rute Transportasi Kacang Mede ( <i>Anacardium Occidentale</i> ) sebagai Bahan Baku dengan Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> dan Optimasi (Studi Kasus <i>Home Industry Dian</i> ) <b>Halim Qista Karima, Novi Marlyana</b>	<b>RO-39</b>



## RO-RISET OPERASI

Judul dan Penulis	Halaman
Pengembangan Model dalam Menentukan Pedoman Rencana Kerja (PRK) (Studi Kasus PLTU Paiton Baru) <b>Dina Tauhida, Andi Rahadiyan Wijaya</b>	RO-50
Penentuan Rute Distribusi Terpendek Menggunakan Metode Saving Matrix dan Cluster First-Route Second (Studi Kasus PT. Herbalife Cabang Yogyakarta) <b>Dwi Agustina Kurniawati, Muhammad Fauzi Hasan</b>	RO-60
Pengembangan Model Persediaan Pemasok-Pembeli dengan Mempertimbangkan <i>Learning Curve</i> , <i>Price Dependent Demand</i> dan Biaya Emisi Karbon <b>Yuliyani Nur Angraini, Wakhid Ahmad Jauhari, Pringgo Widyo Laksono</b>	RO-69
Pengembangan Model <i>Part Time Server</i> pada Sistem Antrian <b>Nur Intan Zuharoh, Subagyo</b>	RO-80
Penentuan Rute Distribusi Bantuan Medis untuk Bencana Erupsi Gunung Merapi di Yogyakarta <b>Wahyu Anditya Prathama, Sinta Rahmawidya Sulistyio</b>	RO-87
Analisis Sistem Antrian Untuk Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas Layanan Pada Loker Pelayanan <i>Pospay</i> di Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center <b>Rahmat Hidayat, Dewi Agustina</b>	RO-97
Penjadwalan <i>Flow Shop N Job M Machine</i> dengan Metode Heuristik <i>Algoritma Pour</i> dan <i>Tabu Search</i> <b>Dwi Agustina Kurniawati, Wahyu Eddy Fatoni</b>	RO-104

## M-MANUFAKTUR

Judul dan Penulis	Halaman
Produksi <i>Scleroglucan</i> dari <i>Sclerotium Rolfsii</i> Menggunakan Media Gula Cair Hasil Hidrolisis Pati Singkong <b>Bintang Iwhan Moehady, Nancy Siti Djenar, Emmanuela Maria Widyanti</b>	M-2
Prototipe Mesin Pembuat Pelet Ikan Berbahan Dasar Sekam Padi <b>Slamet Riyadi</b>	M-10
Pengembangan Mesin <i>Oven Bamboo Basket</i> Berbasis <i>Non Toxic Finish</i> untuk Mendukung Strategi <i>Eco Design</i> Produksi Usaha Kecil Menengah <b>Rusdiyantoro, Yunia Dwie Nurcahyanie</b>	M-21
Modifikasi Tungku Arang Dengan Mengkombinasikan <i>Model Earth Mound Kiln-Drum Kiln-Retort Kiln</i> <b>Mardiyanto, Hari Purnomo</b>	M-27
Kaji Experimental Pemanfaatan Air Kondesat Pengkondisi Udara Sebagai Pendingin <i>Discharge</i> Kompresor <b>Tandi Sutandi, Susilawati, Sumeru</b>	M-37
Pengembangan Sistem Desain dan Manufaktur Batik dengan Bantuan <i>Feature</i> Motif <b>M. Arif Wibisono, Ivan Pratama, Prihanto Sanjaya</b>	M-45





## M-MANUFAKTUR

Judul dan Penulis	Halaman
Usulan Peningkatan Performa Mesin <i>Brother DB2-B735-3 Tipe Single Needle</i> Berdasarkan Analisis Nilai <i>Overall Equipment Effectiveness</i> pada Divisi <i>Sewing</i> di PT. Sandang Asia Maju Abadi <b>Diana Puspita Sari, Dewi Ratna Sari Agustina</b>	M-54
Kajian <i>Risk Based Inspection</i> untuk Separator dan <i>Heat Exchanger</i> pada <i>Liquefied Natural Gas Plant</i> <b>Renie Adinda Pitalokha, Muhamad Ridwan Hamdani, Ahmad Taufik, Cukup Mulyana</b>	M-64
Fabrikasi 3D Markopori <i>Bone-Scaffold</i> Komposit <i>Bovine Hydroxyapatite-Magnesium Oksida</i> Melalui Metode <i>Indirect Fused Deposition Modelling</i> <b>Dhananjaya Y.H Kumarajati, M.K. Herliansyah</b>	M-74
Perlakuan <i>Thermal Oxidation</i> Pada <i>Commercially Pure Titanium</i> Hasil Pengecoran untuk Aplikasi Sendi Lutut Buatan <b>Arfan Nur Fadillah, Rini Dharmastiti, Suyitno, Benedictus Tulung Prayoga</b>	M-82
Perancangan Alat Uji Cetakan Produk <i>Symbolic Shorthand Souvenir</i> Berbasis Proses <i>Metal Forming</i> dengan Metode QFD dan Metode <i>Front-End Process</i> <b>P. Edi Prasetyo, Herianto</b>	M-91

## TP-TEKNIK PRODUKSI

Judul dan Penulis	Halaman
Pengembangan Model Desain Motif Batik Tulis <i>Hand-Drawn</i> Berbasis <i>Bezier Curve</i> <b>Pramudi Arsiwi, Muh. Arif Wibisono</b>	TP-2
Implementasi <i>Lean Healthcare</i> Pada Pasien BPJS Rawat Jalan di Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta <b>Anisa Kharismawati, M.K Herliansyah</b>	TP-10
Pengembangan Sistem Informasi Manajemen <i>Dashboard</i> untuk Monitoring Kondisi Aset Berbasis Web (Studi Kasus di Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada) <b>Irfan Pratama Putera, I G.B. Budi Dharma</b>	TP-20
Analisis Pendekatan Alokasi Distribusi Sistem Dorong Pada <i>Corporate Chain Store</i> Lokal <b>Luthfina Ariyani, Andi Sudiarso, Bimo Sunarfri Hantono</b>	TP-30
Perencanaan Produksi Agregat Berdasarkan Peramalan Permintaan dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada IKM X <b>Intan Rosmala Sari, Andi Sudiarso</b>	TP-38
<i>Feature Based Reverse Engineering Using Geomagic Design-X Software For Engine Block Model 465Q</i> <b>Duddy Arisandi</b>	TP-47
Usulan Keseimbangan Lini Pada Proses Pembuatan <i>Frame</i> dengan Menggunakan Metode <i>Ranked Position Weight, Largest Candidate Rule, dan Region Approach</i> di PT BCI <b>Hermanto, Arief Muhammad Nur</b>	TP-58



**TP-TEKNIK PRODUKSI**

<b>Judul dan Penulis</b>	<b>Halaman</b>
<i>Benchmarking</i> Pengembangan Unit Penilaian Kompetensi ( <i>Assessment Center</i> ) <b>Rohmatulloh, Nova Nurulita, Rr. Rizki Amalia Nurhayati, Julian Ambasadur Shiddiq</b>	<b>TP-70</b>
Manajemen Persediaan Bahan Baku untuk Model Persediaan Deterministik Dinamis dengan Metode Heuristik (Studi Kasus WL Aluminium) <b>Dwi Agustina Kurniawati, Arifatun Nisa</b>	<b>TP-79</b>
Pengendalian Persediaan Suku Cadang Mobil Menggunakan Pendekatan Inventori Probabilistik (Sebuah Studi Kasus) <b>Prima Denny Sentia, Didi Asmadi, Dicky Ramadhan</b>	<b>TP-88</b>
Alokasi Risiko Proyek Infrastruktur dengan Skema Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU): Suatu Tinjauan Literatur <b>Yudhitya Maharani Ristian Palupie, Hari Agung Yuniarto</b>	<b>TP-96</b>
Analisis Kualitas Pelayanan Jasa Rawat Inap Non VIP Pada Rumah Sakit Umum Zainal Abidin Banda Aceh <b>Sarika Zuhri, Ilyas, Khalida</b>	<b>TP-104</b>
Analisis Penerapan Manajemen Risiko Berdasarkan ISO 31000 pada Proyek Konstruksi Pengembangan Fasilitas Gas <b>Debrina Puspita Andriani, Amalia Dyashinta Heksipratiwi</b>	<b>TP-113</b>
Analisis Penjadwalan Produk PT. Eksotika Logam Bali (DECO BALI) dengan Minimasi <i>Makespan</i> <b>Ratna Purwaningsih, Ines Chandra Fitriana</b>	<b>TP-124</b>
Optimalisasi Cetakan Busa Poliuretan Kaku Pengganti Material Triplek <b>Daru Adiputra Pidheksa</b>	<b>TP-132</b>
Perbaikan Tata Letak Produksi dan Gudang Penyimpanan Simplisia Sesuai CPOTB BPOM (Studi Kasus: Kelompok Tani Biofarmaka Karanganyar) <b>Retno Wulan Damayanti, Rahmaniyah Dwi Astuti, Fakhrina Fahma, Benazir Imam Arif Muttaqin</b>	<b>TP-140</b>
Analisis Pengendalian Kualitas Produk Kemasan <i>Teabag</i> dengan Metode <i>Six Sigma</i> dan 5 <i>Why</i> pada Sebuah Perusahaan Teh <b>Novie Susanto, Heru Prastawa, Prima Rizky Handayani</b>	<b>TP-148</b>
Pengembangan Model Matematis Kesuksesan Produk dengan Metode LASSO ( <i>Least Absolute Shrinkage and Selection Operator</i> ) dan Model Kano <b>Sembadra Dyah Fitriani, Subagyo</b>	<b>TP-157</b>
Pengendalian Produksi Cokelat nDalem Dalam Meminimasi <i>Bullwhip Effect</i> (Studi Kasus pada CV. nDalem Mulya Mandiri) <b>Dwi Agustina Kurniawati, Arifiani Putranti</b>	<b>TP-167</b>
Analisis Rantai Pasok dan Distribusi Ayam Pedaging <b>Ratna Purwaningsih, Muhammad Arief, Daru Rahmawati</b>	<b>TP-176</b>
Perancangan Strategi Pemasaran pada Rumah Sakit Nasional Diponegoro Semarang <b>Nia Budi Puspitasari, Salsabila Amnes Ketty Thoatillah</b>	<b>TP-184</b>
Penjadwalan Produksi <i>Flow Shop</i> untuk Meminimalkan <i>Makespan</i> dengan Metode <i>Campbell, Dudek, and Smith</i> (CDS), Metode <i>Palmer</i> , Metode <i>Dannenbring</i> , dan Metode <i>Ignall-Scharge</i> (Studi Kasus di CV. Bonjour Jaya, Klaten) <b>Dwi Agustina Kurniawati, Muhammad Khasanal Hamman</b>	<b>TP-195</b>



**TP-TEKNIK PRODUKSI**

---

<b>Judul dan Penulis</b>	<b>Halaman</b>
Pengukuran Kinerja <i>Supply Chain Collaboration</i> pada PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk. <b>Naniek Utami Handayani, Hannisa Okitasari</b>	<b>TP-201</b>
Identifikasi Dimensi Afektif Sebagai Indikator <i>Latent Needs</i> Dalam Pengembangan Produk Kerajinan Tangan <b>Heru Prastawa, Ratna Purwaningsih, Zainal Fanani, Dini Hanifa Sari</b>	<b>TP-211</b>
Analisis <i>Total Productive Maintenance</i> Sebagai Penunjang Produktivitas Dengan Pengukuran <i>Overall Equipment Effectiveness</i> Pada Mesin Kiln Mill Pabrik Indarung V PT. Semen Padang <b>Henny Yulius , Irsan, Bayu Tasman</b>	<b>TP-220</b>
Pengembangan <i>Smart Parking System</i> Menggunakan Pengenalan Plat Nomor Kendaraan dan Deteksi Intensitas Cahaya <b>Dony Satriyo Nugroho, M.K Herliansyah</b>	<b>TP-228</b>
Perancangan Cara Meningkatkan Intensi <i>Knowledge Sharing</i> Pada Usaha Kecil dan Menengah Koperasi Peternakan Sapi Bandung Utara <b>Elcha Ochi Siowkurur, Ceicalia Tesavrita, Catharina Badra Nawangpalupi, Cindy Marika Amalia Wibowo</b>	<b>TP-234</b>

---



# ER – ERGONOMIKA



## **Pengembangan Instrumen pengukuran Persepsi Karyawan Terhadap Budaya Keselamatan dan Budaya Keamanan Kerja di Bidang Nuklir**

**Atyanti Dyah Prabaswari, Rini Dharmastiti**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281  
Telp. 081224714647  
E-mail: atyaprabaswari@gmail.com

### **Intisari**

*Safety culture diidentifikasi sebagai hal yang berkontribusi pada penyebab terjadinya kecelakaan operasi nuklir. Selain itu, tanpa adanya pemahaman dan pengertian dari security nuclear culture maka sistem sedemikian canggih pun tidak dapat menjaminnnya. Penilaian budaya keselamatan dan keamanan nuklir dapat menggunakan sebuah ukuran pada organisasi dan juga mengidentifikasi peluang untuk meningkatkan kinerja. Penilaian tersebut dapat berupa kuesioner. Perbedaan budaya terhadap penilaian security nuclear di negara-negara lain memberikan kondisi pada perbedaan dimensi yang terbentuk di Indonesia. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah mengembangkan instrumen pengukuran budaya keselamatan dan keamanan nuklir berdasarkan persepsi karyawan. Penelitian ini menggunakan 125 responden karyawan di bidang nuklir untuk mengisi kuesioner yang awalnya memiliki 8 dimensi dari hasil studi literatur, kemudian dianalisis menggunakan Exploratory Factor Analysis (EFA). Hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kuesioner menghasilkan 13 dimensi dengan validitas > 0,35 dan reliabilitas > 0,6 menggunakan nilai Cronbach's Alpha.*

*Kata Kunci: Budaya Keselamatan dan Keamanan, Analisis Faktor, Instrumen Pengukuran, level indeks*

### **1. Pendahuluan**

Pada penelitian Morrow dkk (2014), *safety culture* menerima banyak perhatian di industri-industri termasuk di operasi tenaga nuklir. Bahkan beberapa contoh kecelakaan dimana *safety culture* diidentifikasi sebagai hal yang berkontribusi penyebab terjadinya kecelakaan.

Terkait dengan kecelakaan *Fukushima nuclear*, walaupun sebuah sistem telah memiliki proteksi yang sangat canggih berdasarkan teknologi, namun tanpa adanya pemahaman dan pengertian dari *nuclear security culture* maka sistem yang sedemikian canggih pun tidak dapat menjaminnnya. Hubungan antara *security culture* dengan *safety culture* (IAEA Security Series No.7, 2008) adalah ketika keduanya mempertimbangkan resiko dari *human error*, namun *nuclear security* memiliki penekanan tambahan pada tindakan yang disengaja yang dimaksudkan dapat menyebabkan kerusakan. Keamanan membutuhkan sikap dan perilaku yang berbeda seperti kerahasiaan informasi dan upaya mencegah tindakan berbahaya.

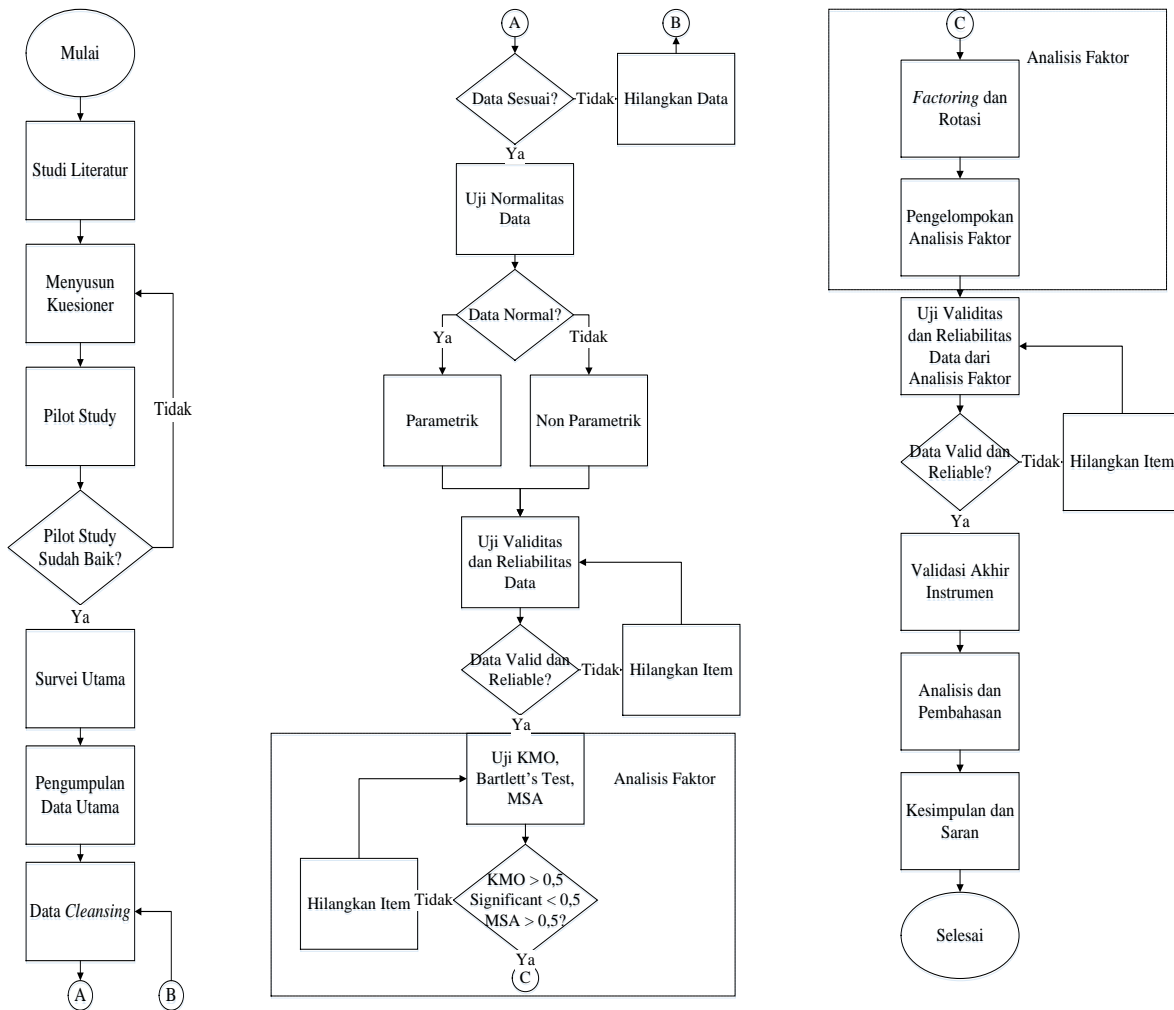
Penilaian terhadap budaya keselamatan dan keamanan dapat menggunakan sebuah kuesioner. *WINS (World Institute of Nuclear Security)* mempublikasi sebuah kuesioner yang sederhana. Namun kuesioner tersebut tidak cukup untuk menganalisis semua elemen dari *security nuclear*. Beberapa negara telah berusaha mengembangkan kuesioner yang mencerminkan unsur-unsur dari *security culture* mereka sendiri, sedangkan instansi nuklir milik pemerintah memiliki kuesioner yang hanya mencakup mengenai budaya keselamatan.



Penelitian ini akan mengembangkan instrumen pengukuran yang mencakup budaya keselamatan dan keamanan. Instrumen ini awal mulanya memiliki dimensi yang diidentifikasi dari studi literatur. Kemudian dilakukan penyebaran kuesioner dan menganalisis dimensi yang terbentuk menggunakan metode analisis faktor. Dimensi yang terbentuk dilakukan validasi akhir untuk mengetahui kekuatan psikometrik dari kuesioner.

## 2. Metode Penelitian

Obyek penelitian merupakan pihak-pihak yang terlibat langsung dalam budaya keselamatan dan keamanan nuklir. Penyusunan kuesioner awal akan menggunakan *pilot study*. Skema proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1 Skema Proses Penelitian

*Pilot study* dilakukan untuk mengevaluasi kuesioner. Evaluasi menggunakan *content validity* dan *face validity*. *Content validity* digunakan untuk mengevaluasi apakah *item-item* pertanyaan pada kuesioner sudah dapat mengukur semua aspek yang dibutuhkan dalam penelitian ini. *Face validity* digunakan untuk mengevaluasi apakah instruksi dan *item-item* pertanyaan sudah jelas, tidak ambigu, dan benar secara logika.



Hasil dari *pilot study* ini digunakan untuk memperbaiki kuesioner sebelum disebarkan sebagai instrumen pengukuran. Selanjutnya kuesioner tersebut disebarkan sebagai instrumen pengukuran kepada responden. Kuesioner yang kembali dilakukan *data cleansing* agar sesuai persyaratan yang ditentukan. Persyaratan tersebut adalah responden yang mengisi diwajibkan sudah mengikuti diklat keselamatan serta keamanan dan responden mengisi kuesioner secara lengkap.

Kuesioner yang sudah dilakukan *data cleansing* dilakukan uji normalitas data untuk mengetahui uji selanjutnya apakah menggunakan parametrik atau non parametrik. Hasil dari uji normalitas tersebut dilakukan uji validitas dan reliabilitas kemudian selanjutnya dilakukan analisis faktor. Faktor yang terbentuk kemudian dilakukan uji validitas dan reliabilitas kembali, selanjutnya hasil tersebut dibandingkan dengan hasil validasi akhir. validasi akhir ini bersifat internal dengan disebarkan kuesioner dari hasil analisis faktor kepada responden yang belum menerima kuesioner. Data yang diperoleh dapat digunakan untuk mengetahui gambaran umum persepsi karyawan. Data dan hasil yang diperoleh dapat dianalisis dan dihasilkan kesimpulan dari penelitian ini.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Ostrom dkk (1993) melakukan penilaian *safety culture* di laboratorium teknik nuklir. Penilaian tersebut mengembangkan kuesioner yang akan digunakan dengan cara wawancara untuk membentuk item umum. Kemudian item tersebut dibawa ke pertemuan seluruh manajer untuk mengetahui apa yang diinginkan dari karyawannya. Selanjutnya memastikan komprehensif dari instrumen tersebut. Instrumen ini menghasilkan 84 pertanyaan dengan 13 dimensi melalui 5 skala likert. Pada penelitian ini belum mencakup penilaian mengenai *security culture*.

Cox dkk (2004) juga telah mengevaluasi proses keselamatan perilaku dalam industri nuklir menggunakan kuesioner yang dikembangkannya sendiri. Pengembangan kuesioner ini dirancang melalui wawancara dan observasi. Kuesioner ini menghasilkan 28 item pertanyaan, namun pada penelitian ini belum mencakup penilaian mengenai *security culture*.

Reniers dkk (2011) membahas mengenai pendekatan inovatif dalam mengukur dan meningkatkan *safety culture* dan *climate* serta *security culture* dan *climate*. Diskusi ini dipelajari dari dua sudut pandang yaitu dari pendekatan akademik dan pragmatis. Seorang akademisi memiliki lingkup yang lebih luas, sedangkan pendekatan pragmatis dari seorang pelaku industri biasanya didasarkan pada pendapat ahli mengenai perusahaan. Model yang ada mengintegrasikan ke dalam lingkaran PDCA (*Plan Do Check Action*) secara terus menerus. *Safety* dan *security* bersama-sama dan sepenuhnya terintegrasi ke dalam model, maka model dapat digunakan untuk meningkatkan *safety* dan *security culture* serta *climate*. Gandhi dan Kang (2013) juga mempelajari hubungan antara *safety* dan *security*. Hasilnya adalah disarankan pelbagai cara dan metode untuk meningkatkan sinergi antara keselamatan nuklir. Sinergi tersebut dilakukan dengan melihat konsep desain dan kriteria dari *safety culture* dan *security culture*. Selain itu, penelitian mengenai sinergi juga pernah diuraikan oleh Cipollaro dan Lomonaco (2015) mengenai kontribusi 3S (*safety*, *security*, dan *safeguards*) dalam meningkatkan sinergi antara *security* dan *safety* di bidang nuklir. Pendekatan yang dilakukan dengan metode VESPA (*Vulnerability Evaluation Simulating Plausible Attacks*) dan *likelihood term evaluation*. Hasil dari penelitian ini adalah diperlukan pergeseran paradigma dalam mendidik para ahli nuklir agar menjadi sadar dan mampu menghubungkan segala hal didalamnya.

Yoo dan Lee (2015) mengadakan mengadakan survei untuk mengevaluasi kesadaran *nuclear security culture* pada personel fasilitas nuklir di Korea Selatan. Evaluasi tersebut menggunakan kuesioner yang dikembangkan dengan mengadaptasi dari IAEA *Security Series No.7* (2008) yaitu *beliefs and attitude, operating system, leadership behaviors, dan staff behavior*. Kuesioner ini menghasilkan pertanyaan sebanyak 44 buah dengan 5 skala likert. Namun pada penelitian ini belum mencakup penilaian mengenai *safety culture*.



Berdasarkan literatur-literatur tersebut, budaya keselamatan dan budaya keamanan dapat diidentifikasi menggunakan diagram pareto bahwa terdapat 8 dimensi yang paling sering digunakan untuk mengukur budaya keselamatan dan keamanan. Dimensi tersebut adalah kompetensi karyawan, sikap pekerja, komitmen manajemen, kepemimpinan, prosedur, lingkungan kerja, komunikasi, dan keterlibatan pekerja.

Selanjutnya penentuan item dari 8 dimensi tersebut yang menghasilkan 58 buah pertanyaan berdasarkan acuan *OHSAS 18001:2007*, *SCART Guidelines (IAEA, 2008)*, dan *IAEA Security Series No. 7 (2008)*. Kuesioner tersebut menggunakan 5 skala likert dengan nilai terkecil adalah nilai 1 dan nilai terbesar adalah nilai 5. Dimensi yang teridentifikasi adalah dimensi kompetensi karyawan yang berisi 12 item, sikap pekerja berisi 5 item, komitmen manajemen berisi 14 item, kepemimpinan berisi 12 item, prosedur berisi 5 item, lingkungan kerja berisi 4 item, komunikasi berisi 2 item, keterlibatan pekerja berisi 3 item. Kuesioner yang berisi 58 pertanyaan tersebut dilakukan *pilot study*. Hasil akhir dari *pilot study* ini sudah dinyatakan baik menurut acuan para ahli dan hasil yang diperoleh dari kuesioner *pilot study* sudah tidak memiliki jawaban yang negatif.

Kuesioner yang sudah dinyatakan baik disebarakan kepada karyawan yang berkecimpung dibidang nuklir sebagai responden. Kuesioner yang kembali sebanyak 125 buah kemudian dilakukan *data cleansing*. Hasil *data cleansing* tersebut menghasilkan 77 kuesioner yang dapat dilakukan pengolahan selanjutnya. Komposisi responden dibagi menjadi jabatan, lama bekerja, jenis kelamin dan usia.

Tabel 1 Profil Jabatan Responden

Jabatan	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
Fungsional	98	78,4
Anonim	20	16
Struktural	7	5,6
Total	125	100

Tabel 2 Responden Berdasarkan Lama Bekerja

Lama Bekerja (Tahun)	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
0 - 10	30	24
11 - 20	1	0,8
21 - 30	10	8
31 - 40	68	54,4
> 40	1	0,8
Anonim	15	1,2
Total	125	100

Tabel 3 Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

Jenis Kelamin	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
Laki-laki	79	63,2
Perempuan	29	23,2
Anonim	17	13,6
Total	125	100





Tabel 4 Responden Berdasarkan Usia

Usia (Tahun)	Jumlah (Orang)	Persentase (%)
20-29	16	12,8
30-39	15	12
40-49	4	3,2
50-59	68	54,4
60-69	5	4
Anonim	17	13,6
Total	125	100

Pengolahan data pertama kali dilakukan dengan uji normalitas untuk mengetahui analisis statistik yang akan dilakukan selanjutnya. Hasil dari uji ini adalah seluruh signifikansi  $< 0,05$  yaitu data tidak berdistribusi normal (Santoso, 2015). Selanjutnya dilakukan uji validitas yang menghasilkan nilai koefisien  $> 0,35$  sehingga interpretasinya adalah sangat berguna menurut Emery (2007) didalam Azwar (2015). Hasil uji reliabilitasnya juga sudah  $> 0,60$  berdasarkan nilai *Croncbatch's Alpha*. Nilai ini adalah sudah memenuhi syarat sebagai nilai yang dapat diterima yaitu  $0,6 - 0,7$  adalah batas terendah dari reliabilitas (Hair dkk, 2006). Interpretasi keeratan hubungan pada nilai  $0,6 - < 0,7$  adalah hubungan yang cukup erat, nilai  $0,7 - < 0,9$  adalah hubungan yang erat, nilai  $0,9 - < 1,0$  adalah hubungan yang sangat erat, dan nilai  $1,00$  adalah hubungan yang sempurna menurut Guilford (1956) pada Hasibuan (2014).

Analisis faktor menghasilkan nilai KMO sebesar  $0,742$  dengan nilai *significant*  $0,00$  dan seluruh nilai *MSA*  $> 0,05$ . Hasil ini adalah hasil dari pengujian ketujuh yang sudah menghilangkan variabel 1, 2, 3, 7, 16 dan 18. Variabel ini adalah variabel yang memiliki nilai *MSA*  $< 0,5$ . Selanjutnya untuk proses *factoring* dan rotasi dengan melihat jumlah faktor yang terbentuk dengan melihat nilai *eigenvalue* yang memiliki nilai  $> 1$ .

Tabel 5 Total Variance Explained

Component	Initial Eigenvalues			Extraction Sums of Squared Loadings		
	Total	% of Variance	Cumulative %	Total	% of Variance	Cumulative %
1	17.61	33.860	33.860	17.61	33.860	33.860
2	3.019	5.805	39.665	3.019	5.805	39.665
3	2.709	5.209	44.874	2.709	5.209	44.874
4	2.384	4.584	49.458	2.384	4.584	49.458
5	2.053	3.947	53.406	2.053	3.947	53.406
6	1.922	3.696	57.102	1.922	3.696	57.102
7	1.617	3.110	60.211	1.617	3.110	60.211
8	1.508	2.899	63.111	1.508	2.899	63.111
9	1.427	2.745	65.856	1.427	2.745	65.856
10	1.320	2.538	68.394	1.320	2.538	68.394
11	1.179	2.268	70.662	1.179	2.268	70.662
12	1.159	2.228	72.890	1.159	2.228	72.890
13	1.046	2.012	74.902	1.046	2.012	74.902
14	0.999	1.922	76.824			



Faktor yang terbentuk pada Tabel 5 sebanyak 13 buah, maka berarti terdapat 5 faktor baru yang menurut para responden dianggap penting sehingga membentuk kelompok sendiri. Pengelompokan dilihat pada angka *factor loading* yang terbesar pada *component matrix*nya untuk menunjukkan distribusi 52 variabel tersebut. Ketiga belas faktor tersebut diberi nama sesuai dengan item dan variabel didalamnya. Sehingga dimensi yang teridentifikasi adalah kepemimpinan, keterlibatan pekerja, lingkungan kerja, kompetensi karyawan, komitmen manajemen, prosedur, sikap pemimpin, pelatihan dan kualifikasi, sikap pekerja, penerapan dan operasi, keselamatan terintegrasi, penilaian diri, dan keyakinan. Hasil dari 13 faktor yang terbentuk memiliki uji validitas dan reliabilitas yang baik. Selanjutnya dilakukan validasi instrumen akhir.

Tabel 6 Nilai Reliabilitas dari Analisis Faktor

Dimensi	Nilai Reliabilitas	Keterangan
Kepemimpinan	0,909	Hubungan yang sangat erat
Keterlibatan Pekerja	0,832	Hubungan yang erat
Lingkungan Kerja	0,841	Hubungan yang erat
Kompetensi Karyawan	0,836	Hubungan yang erat
Komitmen Manajemen	0,746	Hubungan yang erat
Prosedur	0,794	Hubungan yang erat
Sikap Pemimpin	0,786	Hubungan yang erat
Pelatihan dan Kualifikasi	0,631	Hubungan yang cukup erat
Sikap Pekerja	0,706	Hubungan yang erat
Penerapan dan Operasi	0,624	Hubungan yang cukup erat
Keselamatan Terintegrasi	0,846	Hubungan yang erat
Penilaian Diri	0,600	Hubungan yang cukup erat
Keyakinan	0,623	Hubungan yang cukup erat

Validasi akhir instrumen untuk membuktikan bahwa hasil yang reliabel, maka kuesioner diberikan kepada responden sebanyak 23 orang. Hasil dari Tabel 7 jika dibandingkan dengan Tabel 6 tidak memiliki perbedaan yang jauh. Sehingga kuesioner yang telah dihasilkan ini memiliki psikometrik yang kuat untuk digunakan. Sehingga layak untuk digunakan sebagai instrumen pengukuran.

Tabel 7 Hasil Validasi Akhir

Dimensi	Nilai Reliabilitas	Keterangan
Kepemimpinan	0,913	Hubungan yang sangat erat
Keterlibatan Pekerja	0,817	Hubungan yang erat
Lingkungan Kerja	0,874	Hubungan yang erat
Kompetensi Karyawan	0,832	Hubungan yang erat
Komitmen Manajemen	0,614	Hubungan yang cukup erat
Prosedur	0,817	Hubungan yang erat
Sikap Pemimpin	0,852	Hubungan yang erat
Pelatihan dan Kualifikasi	0,708	Hubungan yang erat



Dimensi	Nilai Reliabilitas	Keterangan
Sikap Pekerja	0,852	Hubungan yang erat
Penerapan dan Operasi	0,717	Hubungan yang erat
Keselamatan Terintegrasi	0,611	Hubungan yang cukup erat
Penilaian Diri	0,767	Hubungan yang erat
Keyakinan	0,809	Hubungan yang erat

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang dilakukan, didapatkan bahwa kuesioner sudah baik untuk menilai *safety culture* dan *security culture* di bidang nuklir karena memiliki hasil validitas dan reliabel yang baik serta dapat mengungkap 74,9% dari masalah yang ada. Nilai validitas sudah  $> 0,35$  dan nilai reliabilitas  $> 0,60$ . Instrumen Penelitian yang dikembangkan ini berupa kuesioner yang telah mencakup 13 Dimensi (52 variabel pertanyaan) dengan memasukkan faktor keamanan nuklir sehingga

Dimensi yang dihasilkan terdiri dari 52 variabel yang sudah terintegrasi antara keselamatan dan keamanan pada bidang nuklir. Variabel tersebut dibagi menjadi 13 dimensi yaitu dimensi kepemimpinan, keterlibatan pekerja, lingkungan kerja, kompetensi karyawan, komitmen manajemen, prosedur, sikap pemimpin, pelatihan dan kualifikasi, sikap pekerja, penerapan dan operasi, keselamatan terintegrasi, penilaian diri, dan keyakinan.

Penelitian selanjutnya, dapat menambahkan bobot untuk setiap dimensi sehingga dapat dihasilkan dimensi apa yang paling berperan di bidang nuklir untuk meningkatkan budaya keselamatan dan keamanan. Selain itu dapat dikembangkan dengan memasukkan analisis budaya *Hofstede* maupun unsur-unsur lain yang mungkin berperan dalam meningkatkan budaya keselamatan dan keamanan. *Benchmark* juga dapat dilakukan untuk mengetahui seberapa besar budaya keselamatan dan keamanan mempengaruhi produktivitas dan *well being*.

#### Daftar Pustaka

- Azwar, S., 2015, *Reliabilitas dan Validitas*, Pustaka Pelajar, Yogyakarta.
- Cipollaro, A., and Lomonaco, G., 2015, Contributing To The Nuclear 3S's Via A Methodology Aiming at Enhancing The Synergies Between Nuclear Security and Safety, *Journal Progress in Nuclear Energy Vol 86*, pg 31-39.
- Cox, S., Jones, B., and Rycraft, H., 2004, Behavioural Approaches to Safety Management Within UK reactor Plants, *Safety Science 42*, pg 825-839.
- Gandhi, S., dan Kang, J., 2013, Nuclear Safety and Nuclear Security Synergy, *Annals of Nuclear Energy Vol 60*, pg. 357-361.
- Hair, J. F., Black, W. C., Babin, B., Anderson, r. E., and Tatham, R.L., 2006, *Multivariate Data Analysis, 6th Ed.*, Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, NJ.
- Hasibuan, C.F., 2014, Pengembangan Instrumen Pengukuran Persepsi Tenaga Medis Terhadap Iklim Keselamatan Unit Gawat Darurat Di Rumah Sakit, Tesis Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- ISO 18001, 2007, *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Occupational Health and Safety Management Systems (OHSAS).
- IAEA, 2008, SCART Guideline Reference Report for IAEA Safety Culture Assessment Review Team, *International Atomic Energy Agency*, Vienna.
- IAEA, 2008, IAEA Nuclear Security Series No.7 Nuclear Security Culture, *International Atomic Energy Agency*, Vienna.



- Morrow, S.L., Koves, G.K., and Barnes, V.E., 2014, Exploring The Relationship Between Safety Culture And Safety Performance In U.S. Nuclear Power Operations, *Safety Science Vol 69*, pg 37-47.
- Ostrom, L., Wilhelmsen, C., and Kaplan, B., 1993, Assessing Safety Culture, *Nuclear Safety Vol. 34 No. 2*.
- Reniers, G.L.L., Cremer, K., and Buytaert, J., 2011, Continuously And Simultaneously Optimizing An Organization's Safety and Security Culture And Climate: The Improvement Diamond For Excellence Achievement And Leadership In Safety & Security (IDEAL S&S) Model, *Journal of Cleaner Production Vol 19*, pg. 1239-1249.
- Santoso, S., 2015, *Menguasai Statistik NonParametrik*, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Yoo, H., and Lee, J.H., 2015, Result of Nuclear Security Culture Survey on Personnel at Nuclear Power Plants, *Journal Annals of Nuclear Energy Vol 85*, pg. 398-402.



## Judgmental Biases Pada Estimasi Proyek

Bagus Wahyu Utomo, Budi Hartono

Program Studi S2 Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri,  
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jl. Grafika No. 2, Yogyakarta

Telp. 082115042808

E-mail: utomo.baguswahyu@gmail.com



### Intisari

Sebuah proyek membutuhkan perencanaan yang matang sebelum dimulai dalam hal biaya dan waktu. *Subjective expert judgment* merupakan aspek kognitif dalam pengambilan keputusan proyek, namun dalam pelaksanaannya akan terindikasi menghasilkan bias karena terpengaruh oleh *anchoring effect*, yaitu suatu keadaan yang sebenarnya tidak ada hubungan dengan proyek. Penelitian ini bertujuan mencari ada atau tidaknya pengaruh *anchoring effect* sebagai *judgmental biases* terhadap estimasi proyek dan bentuk intervensinya. Eksperimen dilakukan dengan menggunakan proyek PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) sebagai objek untuk diestimasi. Responden dalam penelitian ini adalah karyawan sebuah perusahaan EPC (Engineering, Procurement, dan Construction) yang dikategorikan sebagai *novice* dan *expert*. Responden diberikan *anchoring* berupa pertanyaan estimasi durasi pengerjaan proyek yang tidak terkait dengan proyek sebenarnya. Penelitian ini tidak menemukan adanya pengaruh *anchoring effect* dalam proses estimasi biaya proyek, namun *anchoring effect* berpengaruh dalam proses estimasi waktu proyek.

**Kata Kunci:** *anchoring effect*, estimasi proyek, *expert*, *judgmental biases*, *novice*

### 1. Pendahuluan

Sebuah proyek adalah usaha sementara untuk membuat produk, jasa, dan hasil yang unik (PMI, 2013). Dalam pelaksanaannya, dibutuhkan perencanaan yang matang sebelum memulai proyek dalam hal biaya dan waktu (Larson dan Gray, 2011). Proyek memiliki risiko yang dapat membuat realisasi proyek tidak sesuai dengan waktu, kualitas, dan biaya yang telah ditentukan dalam perencanaan sebelumnya. Salah satu pemicu munculnya risiko adalah minimnya data historis proyek. Karenanya, untuk mengestimasi waktu proyek digunakan pendekatan *subjective expert judgment* yang merupakan salah satu aspek kognitif dalam pengambilan keputusan/estimasi. *Judgment* adalah kemampuan manusia untuk mengambil kesimpulan, mengestimasi, dan memprediksi karakter dari kejadian yang tidak diketahui (Hastie dan Dawes, 2010). *Subjective expert judgment* akan menimbulkan masalah baru, yaitu terindikasi menghasilkan bias karena terpengaruh oleh *anchoring effect*, yaitu suatu nilai yang sebenarnya tidak ada hubungan dengan proyek (Jorgensen dan Sjoberg, 2004). Menurut Eysenck dan Groome (2015) *heuristics biases* yang paling menonjol adalah *anchoring effect*, hal ini juga dijelaskan oleh Tversky dan Kahneman (1974). Menurut Cleaves (1994), seorang *expert* mungkin memiliki pemahaman tentang proses dan hubungannya, namun tidak ada jaminan bahwa proses penilaian seorang *expert* akan mengikuti aturan pemikiran rasional, tinjauan ilmiah, atau *judgment* mereka berasal dari informasi yang baik.

Berdasarkan latar belakang masalah, rumusan pada penelitian ini adalah apakah *anchoring effect* sebagai *judgmental biases* terindikasi dalam pelaksanaan estimasi waktu dan biaya proyek. Batasan ruang lingkup penelitian ini adalah pengambilan keputusan yang berhubungan dengan estimasi waktu dan biaya proyek PLTS, responden yang menjadi obyek dalam penelitian ini

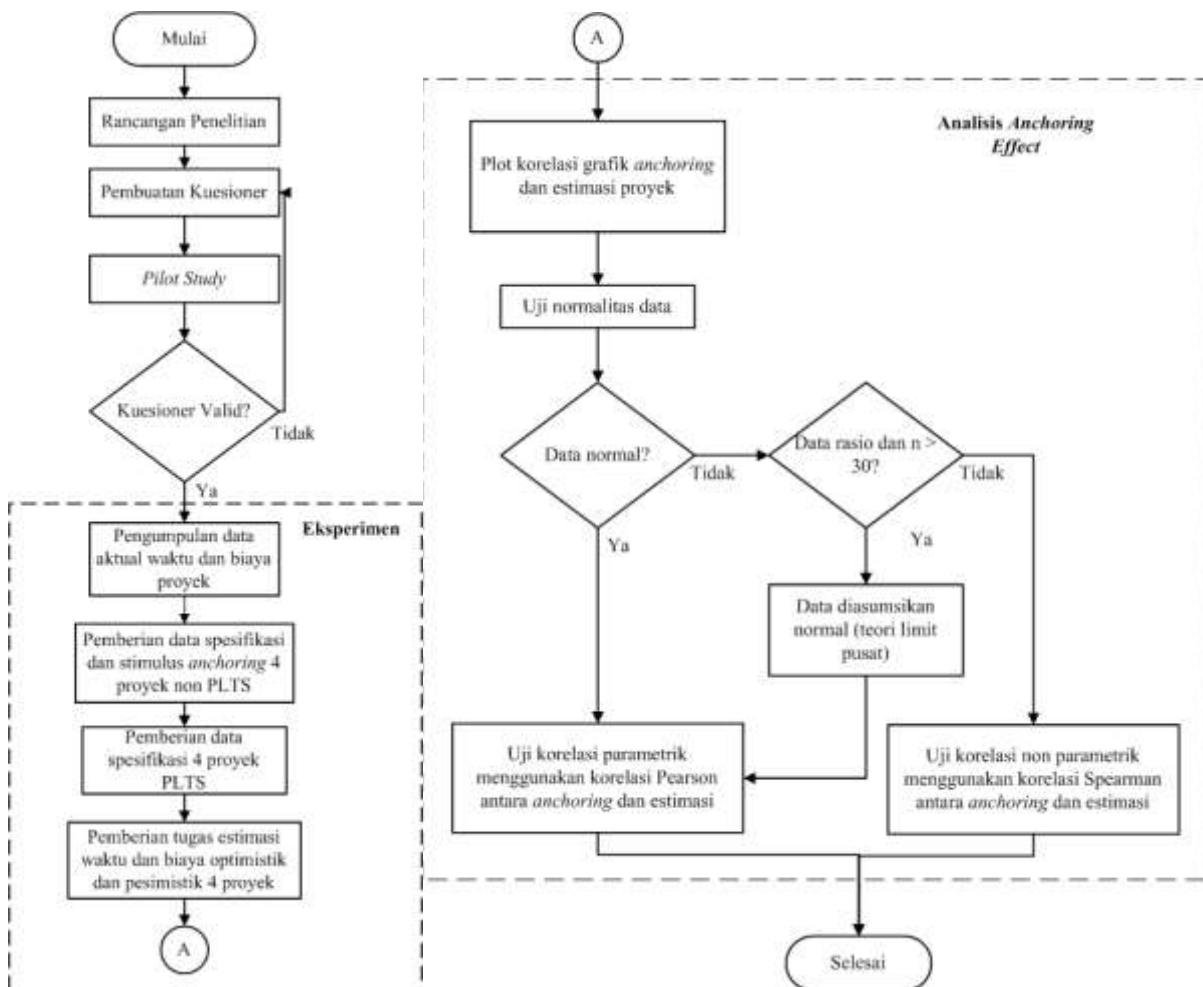


adalah *novice* dan *expert* dengan pengalaman di bidang pembangunan proyek PLTS, *judgmental biases* yang diteliti adalah *anchoring effect*.

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mencari ada atau tidaknya pengaruh *anchoring effect* sebagai *judgmental biases* terhadap estimasi proyek.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini melibatkan responden yang berasal dari karyawan di PT. Surya Energi Indotama (PT. SEI) yang berpengalaman menangani proyek PLTS dengan kategori *novice* dan *expert*. Definisi *expert* pada proyek adalah karyawan yang berpengalaman lebih dari lima tahun di bidang yang ditugaskan dan termasuk dalam tim operasional, sedangkan definisi *novice* pada proyek adalah karyawan dengan pengalaman kurang dari 5 tahun di bidang yang ditugaskan atau karyawan yang berada dalam tim non operasional. Penelitian ini dilakukan di PT Surya Energi Indotama (PT. SEI) yang merupakan *subsidiary* atau anak perusahaan dari PT. Len Industri (Persero). Skema proses penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Skema Proses Penelitian

Penelitian dilakukan untuk mendapatkan estimasi responden *expert* dan responden *novice* dalam menentukan estimasi waktu dalam proyek PLTS. Proyek yang menjadi kasus adalah proyek PLTS di Indonesia yang telah selesai dilaksanakan sehingga data realisasi waktu dan biaya tersedia untuk penghitungan bias. Kontrak yang digunakan adalah hasil dari lelang terbuka. Penyaringan responden *expert* dan *novice* dilakukan dengan *interview* dan pengisian formulir



kuisisioner. *Pilot study* dilakukan untuk mengevaluasi apakah kuisisioner sebagai instrumen penelitian sudah sesuai dengan tujuan penelitian. *Pilot study* dilakukan kepada lima orang *expert* proyek PLTS yang tidak termasuk dalam responden penelitian. Evaluasi kuisisioner menggunakan *content validity* dan *face validity*.

Data realisasi waktu dan biaya pengerjaan proyek PLTS disimpan oleh peneliti. Responden diberikan stimulus *anchoring* berupa pertanyaan terkait estimasi durasi pengerjaan proyek yang tidak terkait dengan tugas utama. Klasifikasi proyek PLTS untuk tugas utama dibuat menjadi empat kelompok, yaitu PLTS *Hybrid – High Power*, PLTS *Hybrid – Medium Power*, PLTS *Off Grid – High Power*, dan PLTS *Off Grid – Medium Power*. Dari setiap kelompok PLTS dipilih sebuah proyek secara acak, sehingga dari keempat kelompok akan didapatkan empat proyek. Peserta diberikan tugas untuk mengestimasi durasi dan biaya pengerjaan empat proyek PLTS yang sebelumnya dipilih secara acak. Hasil estimasi responden dibandingkan dengan hasil dari pertanyaan *anchoring* oleh peneliti.

Setelah data kuisisioner terkumpul, akan dilakukan uji normalitas data untuk membuktikan apakah data tersebut berdistribusi normal atau tidak. Jika data terdistribusi normal, maka akan dilakukan uji parametrik menggunakan Uji Korelasi Pearson. Jika data tidak terdistribusi secara normal tapi berjumlah lebih dari 30 ( $n > 30$ ), maka akan dilakukan uji parametrik menggunakan Uji Korelasi Pearson, karena data diasumsikan normal menurut teorema limit pusat (Montgomery, 2014). Namun, jika data tidak terdistribusi secara normal tapi berjumlah paling banyak 30 ( $n \leq 30$ ), maka akan dilakukan uji non parametrik menggunakan Uji Korelasi Spearman. Uji korelasi dilakukan untuk melihat seberapa kuat hubungan antara variabel *anchoring* dan variabel estimasi.

*Plotting* korelasi adalah sebuah grafik yang digunakan untuk melihat suatu pola hubungan antara 2 variabel, yaitu variabel *anchoring* dan variabel estimasi dari waktu dan biaya proyek. Setelah dilakukan *plotting* korelasi, akan dilakukan interpretasi dari korelasi yang terjadi antara kedua variabel tersebut, seberapa kuat hubungan antar variabel tersebut, dan apakah hubungan tersebut bernilai positif atau negatif.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Responden pada penelitian ini terdiri dari dua kelompok yaitu *novice* dan *expert*. Kelompok *novice* terdiri dari Pelaksana Teknis, Dept. Pemasaran dan Penjualan, Dept. Akuntansi dan Keuangan, Bagian Logistik, Bagian SDM dan Umum, Bagian Purna Jual dengan jumlah total 21 orang. Kelompok *expert* terdiri dari *Team Leader/Project Manager*, Tenaga Ahli/*Engineer*, *Site Manager/Manager Lapangan* dengan jumlah 31 total orang.

Proses *anchoring* dilakukan dengan memberikan pertanyaan yang tidak ada kaitannya dengan proyek PLTS kepada setiap responden sesaat sebelum mereka melakukan estimasi proyek, yaitu:

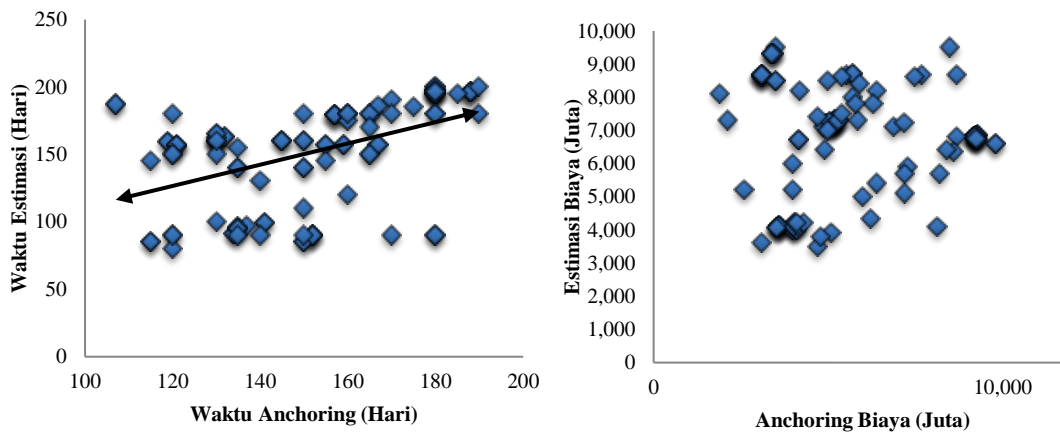
1. Berapakah estimasi durasi pengerjaan proyek PJU?
2. Berapakah estimasi anggaran yang harus dikeluarkan untuk pengerjaan proyek PJU tersebut?
3. Berapakah estimasi durasi pengerjaan proyek PLTMH tersebut?
4. Berapakah estimasi anggaran yang harus dikeluarkan untuk pengerjaan proyek PLTMH tersebut?

Analisis dilakukan dengan melihat nilai signifikansi korelasi dan nilai koefisien korelasi antara variabel *anchoring time* dengan variabel waktu dan biaya proyek.

Berdasarkan data waktu *anchoring* dan waktu estimasi proyek kelompok *expert* dan berdasarkan data biaya *anchoring* dan biaya estimasi proyek kelompok *expert* dilakukan plot grafik korelasi yang ditunjukkan pada Gambar 2.



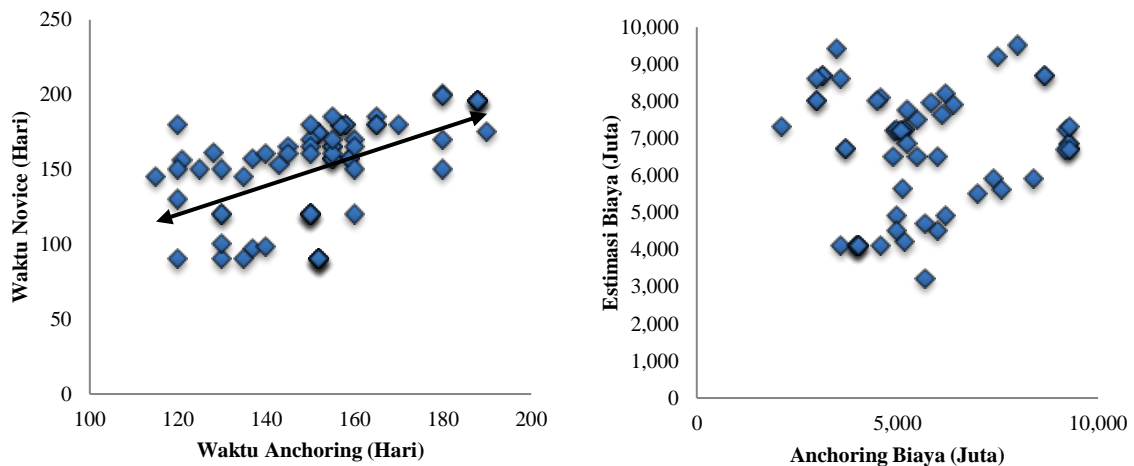




Gambar 2. Korelasi Waktu dan Biaya *Anchoring* dan Estimasi Estimator *Expert*

Berdasarkan Gambar 2, secara visual korelasi antara estimasi biaya dan *anchoring* biaya proyek kelompok *expert* menunjukkan sebaran data dengan pola yang linier positif, secara visual korelasi antara estimasi biaya dan *anchoring* biaya proyek kelompok *expert* menunjukkan sebaran data yang *random* dan tidak menunjukkan pola tertentu. Sehingga berdasarkan Gambar 2 tersebut diketahui bahwa antara variabel waktu estimasi dan waktu *anchoring* secara visual menunjukkan adanya korelasi yang positif, sedangkan antara variabel biaya *anchoring* dengan biaya estimasi pada kelompok *expert* secara visual tidak terdapat korelasi.

Berdasarkan data waktu *anchoring* dan waktu estimasi proyek kelompok dan berdasarkan data biaya *anchoring* dan biaya estimasi proyek kelompok *novice* dilakukan plot grafik korelasi yang ditunjukkan pada Gambar 3.



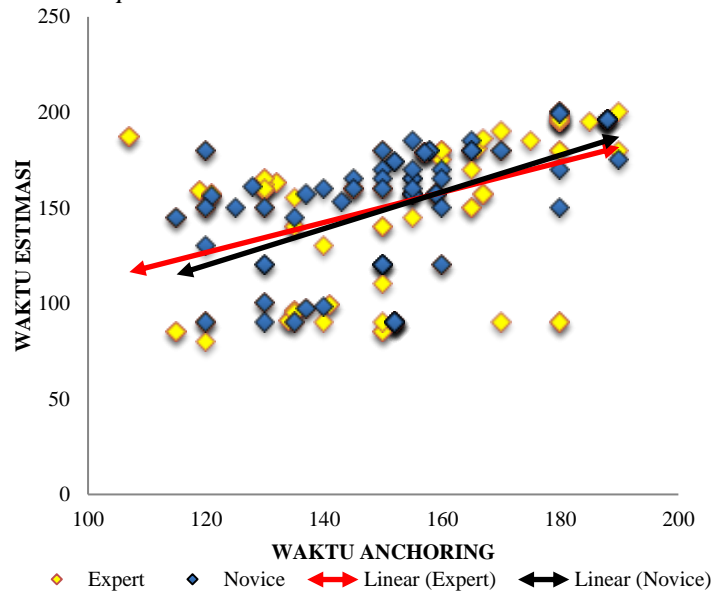
Gambar 3. Korelasi Waktu dan Biaya *Anchoring* dan Estimasi Estimator *Novice*

Berdasarkan Gambar 3, secara visual korelasi antara estimasi biaya dan *anchoring* biaya proyek kelompok *novice* menunjukkan sebaran data dengan pola yang linier positif, sedangkan korelasi antara *anchoring* biaya dengan estimasi biaya proyek pada kelompok *novice* menunjukkan sebaran data yang *random* dan tidak menunjukkan pola tertentu. Sehingga berdasarkan Gambar 3 tersebut diketahui bahwa antara variabel waktu estimasi dan waktu *anchoring* kelompok *novice* secara visual menunjukkan adanya korelasi yang positif, sedangkan antara variabel biaya *anchoring* dengan biaya estimasi pada kelompok *novice* secara visual tidak terdapat korelasi.





Dapat dikatakan, secara visual *anchoring effect* terindikasi pada estimasi waktu proyek pada estimator *novice* dan *expert*, namun *anchoring effect* tidak terindikasi pada estimasi biaya proyek pada estimator *novice* dan *expert*.



Gambar 4. Perbandingan Korelasi Waktu *Expert* dan *Novice*

Berdasarkan Gambar 4, secara visual perbandingan korelasi waktu *anchoring* dengan estimasi antara estimator *novice* dan *expert* memiliki garis yang tidak sejajar, tidak berhimpit, dan memiliki sebuah titik potong, sehingga dapat dinyatakan bahwa terdapat perbedaan regresi korelasi waktu *anchoring* dengan waktu estimasi proyek antara estimator *novice* dan *expert*.

Berdasarkan Gambar 4, Analisis selanjutnya adalah analisis uji hipotesis sampel ganda menggunakan uji z saling bebas karena data sampel berukuran besar ( $n > 30$ ). Uji z dilakukan untuk melihat ada atau tidaknya perbedaan *slope* dan *intercept* dari regresi *expert* dan *novice*. Rangkuman hasil uji z independen ditunjukkan pada Tabel 5.7. Hipotesis yang digunakan dalam uji z independen yaitu:

- $H_0: \mu_{expert} = \mu_{novice} \rightarrow$  tidak terdapat perbedaan *slope* dan *intercept* antara *novice* dan *expert*  
 $H_1: \mu_{expert} \neq \mu_{novice} \rightarrow$  ada perbedaan *slope* dan *intercept* antara *novice* dan *expert*  
 $\alpha = 0,05_{two\ tailed}$

Tabel 1 Uji Hipotesis Sampel Ganda Pada *Slope* dan *Intercept*

Variabel	z-hitung	z-tabel	Sig. (p-value)	Kesimpulan
<i>Slope</i> dan <i>Intercept</i> (Y-Prediktif) <i>Expert vs Novice</i>	-1,137	$\pm 1,960$	$0,257 > \alpha$	$H_0: \mu_{expert} = \mu_{novice} \rightarrow$ tidak terdapat perbedaan <i>slope</i> dan <i>intercept</i> antara <i>novice</i> dan <i>expert</i> .

Berdasarkan Hasil perhitungan Tabel 5.11, nilai z-hitung pada variabel *slope* dan *intercept* (y-prediktif) berada pada *non rejection area* dan nilai sig. (p-value)  $> \alpha$ , sehingga *fail to reject*  $H_0$ . Secara statistik dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan dari regresi (*slope* dan *intercept*) antara estimator *expert* dan *novice*.

Analisis berikutnya adalah analisis secara statistik untuk melihat korelasi antara kedua variabel tersebut. Langkah awal dari analisis statistik yaitu melakukan uji normalitas untuk kedua



set data waktu *anchoring* dan waktu estimasi proyek baik *expert* maupun *novice* menggunakan *software* SPSS v.23 dengan hasil pada Tabel 2.

Tabel 2 Uji Normalitas data *Anchoring* dan Estimasi Proyek

Kelompok	Data	Kolmogorof-Smirnov			Hasil
		Statistic	df	Sig.	
Expert	Waktu Anchoring	0,176	111	0,000	Tidak terdistribusi normal
	Waktu Estimasi	0,117	111	0,001	Tidak terdistribusi normal
Novice	Waktu Anchoring	0,168	72	0,000	Tidak terdistribusi normal
	Waktu Estimasi	0,144	72	0,001	Tidak terdistribusi normal
Novice	Biaya Estimasi	0,132	82	0,001	Tidak terdistribusi normal
	Biaya Anchoring	0,124	82	0,003	Tidak terdistribusi normal
Expert	Biaya Estimasi	0,162	119	0,000	Tidak terdistribusi normal
	Biaya Anchoring	0,157	119	0,000	Tidak terdistribusi normal

Berdasarkan Tabel 2 hipotesis yang digunakan yaitu:

$H_0$  = Data mengikuti distribusi normal

$H_1$  = Data tidak mengikuti distribusi normal

$\alpha$  = 0,05<sub>two tailed</sub>

Jika Sig. (*p-value*) >  $\alpha$ . Hal tersebut menunjukkan secara statistik tidak dapat menolak  $H_0$  atau dengan kata lain distribusi set data dengan nilai Sig. (*p-value*) >  $\alpha$  mengikuti distribusi normal, begitu pula sebaliknya.

Tabel 2 menunjukkan bahwa seluruh data *anchoring* dan estimasi untuk kelompok *expert* dan *novice* memiliki nilai Sig. (*p-value*) = 0,000 hingga 0,016, angka tersebut < 0,05, sehingga secara statistik dapat disimpulkan data *anchoring* dan estimasi kelompok *expert* dan *novice* tidak mengikuti distribusi normal. Namun, menurut Teorema Limit Pusat, karena data berjumlah lebih dari 30 ( $n > 30$ ), maka data diasumsikan normal.

Karena seluruh set data *anchoring* dan estimasi proyek diasumsikan distribusi normal, maka pengujian korelasi dilakukan dengan uji statistik parametrik yaitu uji korelasi Pearson. Hasil pengujian korelasi Pearson menggunakan *software* SPSS v.23 ditampilkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Uji Korelasi Pearson Anchoring dan Estimasi Proyek

Expert	Pearson	Waktu Anchoring	Correlation Coefficient	0,462**
			Sig. (2-tailed)	0,000
			N	111
	Pearson	Biaya Estimasi	Correlation Coefficient	0,089
			Sig. (2-tailed)	0,335
			N	119
Novice	Pearson	Waktu Anchoring	Correlation Coefficient	0,537**
			Sig. (2-tailed)	0,000
			N	72
	Pearson	Biaya Estimasi	Correlation Coefficient	0,142
			Sig. (2-tailed)	0,205
			N	82

Hipotesis yang digunakan dalam uji korelasi Pearson adalah sebagai berikut:

$H_0$  = tidak terdapat korelasi antara dua variabel yang diuji



$H_1$  = terdapat korelasi antara dua variabel yang diuji

$\alpha = 0,05_{\text{two tailed}}$

Jika nilai *p-value* atau Sig. (2-tailed)  $> \alpha$  (0,05), hal tersebut menunjukkan secara statistik tidak dapat menolak  $H_0$  atau tidak terdapat korelasi yang bermakna antara dua variabel yang diuji, begitu pula sebaliknya.

Berdasarkan uji korelasi Pearson pada Tabel 2 data waktu *anchoring* dan waktu estimasi kelompok *expert* memiliki nilai *p-value* atau Sig. (2-tailed) sebesar 0,000, angka tersebut  $< 0,05$ , sehingga menolak  $H_0$ , maka secara statistik dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang bermakna/signifikan antara variabel waktu *anchoring* dan waktu estimasi proyek pada kelompok *expert*. Kedua variabel tersebut memiliki nilai *Pearson Correlation* sebesar 0,462, Secara statistik angka tersebut menunjukkan kedua variabel memiliki korelasi positif yang cukup kuat.

Berdasarkan uji korelasi Pearson pada Tabel 2, data biaya *anchoring* dan biaya estimasi kelompok *expert* memiliki nilai *p-value* atau Sig. (2-tailed) sebesar 0,335, angka tersebut  $> 0,05$ , sehingga tidak dapat menolak  $H_0$ , maka secara statistik dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi yang bermakna/signifikan antara variabel biaya *anchoring* dan biaya estimasi proyek pada kelompok *expert*. Kedua variabel tersebut memiliki nilai *Pearson Correlation* sebesar 0,089. Secara statistik angka tersebut menunjukkan kedua variabel hampir tidak memiliki korelasi dengan nilai positif.

Berdasarkan uji korelasi Pearson pada Tabel 2, data waktu *anchoring* dan waktu estimasi kelompok *novice* memiliki nilai *p-value* atau Sig. (2-tailed) sebesar 0,000, angka tersebut  $< 0,05$ , sehingga dapat menolak  $H_0$ , maka secara statistik dapat disimpulkan bahwa terdapat korelasi yang bermakna/signifikan antara variabel waktu *anchoring* dan waktu estimasi proyek pada kelompok *novice*. Kedua variabel tersebut memiliki nilai *Pearson Correlation* sebesar 0,537. Secara statistik angka tersebut menunjukkan kedua variabel memiliki korelasi positif yang cukup kuat.

Berdasarkan uji korelasi Pearson pada Tabel 2, data biaya *anchoring* dan biaya estimasi kelompok *novice* memiliki nilai *p-value* atau Sig. (2-tailed) sebesar 0,205, angka tersebut  $> 0,05$ , sehingga tidak dapat menolak  $H_0$ , maka secara statistik dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat korelasi yang bermakna/signifikan antara variabel biaya *anchoring* dan biaya estimasi proyek pada kelompok *novice*. Kedua variabel tersebut memiliki nilai *Pearson Correlation* sebesar 0,142, Secara statistik angka tersebut menunjukkan kedua variabel hampir tidak memiliki korelasi dengan nilai positif.

Berdasarkan hasil pengujian parametrik menggunakan uji korelasi Pearson, secara statistik dapat dinyatakan bahwa tidak ada hubungan/korelasi yang bermakna/signifikan antara variabel biaya *anchoring* dan biaya estimasi proyek baik pada kelompok *expert* maupun kelompok *novice*. Nilai koefisien korelasi Pearson menunjukkan angka korelasi yang mendekati angka 0 atau hubungan korelasi yang lemah. Nilai koefisien tersebut menunjukkan bahwa stimulus *anchoring* tidak memberikan pengaruh terhadap proses estimasi biaya proyek.

Namun, hasil berbeda ditunjukkan pada pengujian parametrik menggunakan uji korelasi Pearson antara variabel waktu *anchoring* dan waktu estimasi proyek baik pada kelompok *expert* maupun kelompok *novice*, secara statistik dapat dinyatakan bahwa ada hubungan/korelasi yang bermakna/signifikan. Nilai koefisien korelasi Pearson menunjukkan angka korelasi 0,462 untuk kelompok *expert* dan 0,537 untuk kelompok *novice* atau hubungan korelasi yang cukup kuat. Nilai koefisien tersebut menunjukkan bahwa stimulus *anchoring* memberikan pengaruh terhadap proses estimasi biaya proyek.

Dapat dikatakan, penelitian ini tidak menemukan adanya pengaruh *anchoring effect* dalam proses estimasi biaya proyek, namun *anchoring effect* berpengaruh dalam proses estimasi waktu proyek.

Hasil dari wawancara lanjutan dengan responden menyebutkan alasan terjadinya *anchoring effect*, yaitu:



1. Ketika menghitung waktu proyek, hasil yang didapat tidak akan berbeda jauh dengan proyek-proyek sebelumnya.
2. Lebih mudah memperkirakan waktu proyek dari pada biaya proyek.
3. Waktu proyek dapat dihitung dari jumlah waktu yang dibutuhkan dari setiap pekerjaan dan pengiriman.
4. Biaya proyek dihitung dari biaya pembelian mesin, peralatan, kelengkapan K3, biaya pengiriman, gaji tenaga kerja, biaya tak terduga, dan persaingan harga dengan kompetitor tender.

Berdasarkan wawancara dengan responden dapat disimpulkan bahwa terjadinya *anchoring effect* disebabkan oleh kemudahan proses estimasi waktu dibandingkan biaya proyek dan waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaan proyek tidak berbeda jauh dengan proyek-proyek sebelumnya.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini tidak menemukan adanya pengaruh *anchoring effect* dalam proses estimasi biaya proyek, namun *anchoring effect* berpengaruh dalam proses estimasi waktu proyek. Terjadinya *anchoring effect* disebabkan oleh kemudahan proses estimasi waktu dibandingkan biaya proyek, dan waktu yang dibutuhkan untuk pengerjaan proyek tidak berbeda jauh dengan proyek-proyek sebelumnya.

Diperlukan kajian lebih lanjut untuk mengeksplorasi adanya faktor-faktor lain dalam *judgmental biases* seperti *framing effect* terhadap *benefit* (keuntungan) dan *loss* (kerugian) dari pengambilan keputusan proyek. Diperlukan kajian lebih lanjut tentang pengaruh *judgmental biases* pada estimasi *scope* (cakupan pekerjaan) dalam proyek untuk melihat sejauh mana kualitas dalam pengambilan keputusan dapat dipengaruhi. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai tindakan mitigasi terhadap munculnya *judgmental biases* pada estimasi proyek dengan mengacu pada CBT (*Cognitive Behavioural Therapy*) (Wilding dan Milne, 2010) dan menggunakan strategi *debiasing judgment* (Bazerman dan Moore, 2009).

#### Daftar Pustaka

- Bazerman, M. H., dan Moore, D. A., 2009, *Judgment in Managerial Decision Making*, 7th ed, John Wiley & Sons, New York.
- Cleaves, D. A., 1994, *Assessing Uncertainty in Expert Judgments About Natural Resources, Southern Forest Experiment Station, 17 p*, U.S.
- Eysenck, M. W., dan Groome, D., 2015, *Cognitive Psychology Revisiting the Classic Studies*, SAGE, United Kingdom, Page 146–161.
- Hastie, R., Dawes, R. M., 2010, *Rational Choice in an Uncertain World*, SAGE Publications, India.
- Jorgensen, M., dan Sjoberg, D.I.K., 2001, *Software Process Improvement and Human Judgement Heuristics, Scandinavian Journal of Information System*, Vol.13, Issu 1, Article 2.
- Larson, E. W., dan Gray, C. F., 2011, *Project Management: The Managerial Process*, McGraw-Hill/Irwin, New York.
- Montgomery, D. C., dan Runger, G. C., 2014, *Applied Statistics and Probability for Engineers*, 6<sup>th</sup> ed, John Wiley & Sons, United States of America.
- Project Management Institute (PMI)., 2013, *Aguide to the Project Management Body of Knowledge*, Project Management Institute, Newtown Square, Pennsylvania, USA.
- Tversky, A., dan Kahneman, D., 1974, *Judgment Under Uncertainty: Heuristics and Biases, Science Journal*, Vol. 185, Page 1124-1131.
- Wilding, C., dan Milne, A., 2010, *Cognitive Behavioral Therapy*, McGraw-Hill Ryerson Ltd, Canada.



## **Analisis Sistem Kerja *Shift* Terhadap Tingkat Kelelahan Perawat di Bangsal Bedah RSUD Karanganyar menggunakan *Subjective Self Rating Test***

**Helma Hayu Juniar<sup>1</sup>, Rahmadiyah Dwi Astuti<sup>2</sup>**

Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jalan Ir. Sutami 36 A, Surakarta 57126, Indonesia  
Telp. 0271-6322110  
Email: <sup>1</sup>helmajuniar@gmail.com, <sup>2</sup>nyah22@gmail.com

### **Intisari**

*Seiring berkembangnya teknologi yang semakin pesat saat ini diperlukan pengembangan dan pemanfaatan fasilitas serta sumber daya manusia untuk menyeimbangkannya. Manusia diharuskan bekerja untuk merubah suatu keadaan yang lebih baik dari sebelumnya. Rumah sakit merupakan salah satu instansi yang terus beroperasi selama 24 jam penuh dalam 1 hari sehingga jumlah perawat yang memadai merupakan faktor penting dalam pelayanan pasien. RSUD Karanganyar menggunakan sistem kerja shift yang terbagi menjadi tiga yaitu shift pagi, shift siang, dan shift malam. Untuk shift pagi selama 6 jam dimulai dari jam 8.00-14.00, kemudian shift siang selama 8 jam mulai jam 14.00-20.00 dan shift malam selama 12 jam mulai dari jam 20.00-08.00. Penelitian ini menganalisis tingkat kelelahan umum yang dialami perawat pada shift pagi, sore dan malam menggunakan metode pengukuran subjektif dengan kuesioner Subjective Self Rating Test. Pengukuran ini dilakukan saat sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan. Berdasarkan hasil penelitian didapat bahwa skor rata-rata hasil kuesioner Subjective Self Rating Test untuk shift pagi didapatkan nilai  $t=-7.192$  dan nilai  $p$  value 0.006 yang berarti terdapat perbedaan tingkat kelelahan secara bermakna saat sebelum melakukan aktivitas dan saat sesudah melakukan aktivitas pekerjaan pada shift pagi. Sedangkan pada shift sore didapat nilai  $t=-3.905$  dan nilai  $p$  value 0.030 berarti bahwa terdapat perbedaan tingkat kelelahan secara bermakna saat sebelum melakukan aktivitas dan saat sesudah melakukan aktivitas pekerjaan pada shift sore. Pada shift malam didapat nilai  $t=4.852$  dan nilai  $p$  value 0.020 berarti bahwa terdapat tingkat kelelahan perbedaan secara bermakna saat sebelum melakukan aktivitas dan saat sesudah melakukan aktivitas pekerjaan pada shift malam.*

**Kata Kunci :** *Subjective Self Rating Test, Kelelahan, Sistem Kerja Shift*

### **1. Pendahuluan**

Pekerjaan merupakan sesuatu yang dibutuhkan oleh manusia. Kebutuhan tersebut akan terus bertambah seiring perkembangan teknologi yang semakin meningkat. Seseorang bekerja dikarenakan terdapat sesuatu yang ingin dicapai dan berharap aktivitas yang dilakukan akan mengubah keadaan menjadi lebih baik dari sebelumnya (Susetyo et al, 2012). Pekerjaan yang tidak mengutamakan kesehatan dan keselamatan kerja akan menyebabkan besarnya beban kerja yang akan ditanggung baik secara fisik maupun mental. Hal tersebut akan menyebabkan pekerja mengalami kelelahan yang berarti dan akan mempengaruhi kinerja

Kelelahan kerja tidak hanya dialami oleh pekerja yang melakukan aktivitas fisik seperti pekerjaan di pabrik yaitu memindahkan material dari conveyor, menyimpan unit item dalam gudang dll. Namun juga dialami oleh pekerja yang aktivitasnya memberi pelayanan terhadap masyarakat salah satu contohnya adalah pekerja rumah sakit. Kelelahan bisa disebabkan oleh



sebab fisik ataupun tekanan mental. Salah satu penyebab kelelahan adalah gangguan tidur (*sleep disruption*) yang antara lain dapat dipengaruhi oleh kekurangan waktu tidur dan gangguan pada *circadian rhythms* akibat *jet lag* atau *shift* kerja (Wicken, et al, 2004). Rumah sakit merupakan sebuah instansi yang memberikan sarana pelayanan kesehatan selama 24 jam sehingga dalam pekerjaannya diperlukan sistem *shift*. Salah satu sumber daya yang dibutuhkan rumah sakit dalam merawat pasien adalah perawat. Pekerjaan yang dilakukan perawat seperti merawat pasien dari masuk ruang bangsal hingga pasien sembuh dan diperbolehkan pulang. Jika pekerjaan tersebut tidak diimbangi dengan waktu istirahat yang cukup maka akan mempengaruhi fisik dan mental perawat sehingga menimbulkan kelelahan kerja. Didapat 30-40% masyarakat pekerja pemberi jasa layanan kesehatan yang bersifat teknis dan beroperasi selama 8-24 jam sehari mengalami kelelahan. Hal ini dikarenakan adanya pola kerja bergilir (Depkes, 2009).

Pekerja kesehatan di rumah sakit sangat bervariasi baik dari segi jenis maupun jumlahnya. Dalam melaksanakan tugasnya, pekerja rumah sakit banyak terpapar dengan berbagai faktor yang dapat menimbulkan dampak negatif dan mempengaruhi derajat kesehatan mereka. Mereka selalu berhubungan dengan berbagai bahaya potensial, dimana bila tidak diantisipasi dengan baik dan benar dapat mempengaruhi kesehatan dan keselamatan kerjanya (Depkes, 2009).

Rumah Sakit Umum Daerah Karanganyar menggunakan sistem kerja *shift* yang terbagi menjadi tiga yaitu *shift* pagi, *shift* siang, dan *shift* malam. Untuk *shift* pagi selama 8 jam dimulai dari jam 8.00-14.00, kemudian *shift* siang selama 8 jam mulai jam 14.00-20.00 dan *shift* malam selama 12 jam mulai dari jam 20.00-08.00. Menurut Nurmianto (1996) efisiensi maksimal yang dicapai dengan hari kerja delapan jam. Dimulai dari pukul 07.00 sampai dengan pukul 16.00. Namun antara pukul 12.00 sampai dengan pukul 13.00 digunakan untuk istirahat untuk menghindari kelelahan. Karena pekerjaan perawat di rumah sakit menganut sistem kerja tersebut hanya untuk *shift* pagi tidak untuk *shift* sore dan malam sehingga dianggap tidak efisien maka perlu diketahui bagaimana analisis pengaruh sistem kerja *shift* terhadap tingkat kelelahan kerja perawat dibangsal tersebut

Banyak metode yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kelelahan kerja dengan tes mental baik secara subyektif maupun objektif. Metode subyektif yang dilakukan adalah penyebaran kuesioner *Subjective Self Rating Test* yang diadopsi dari IFRS (*International Fatigue Research Committee of Japanese Association of Industrial Health*). Kuesioner *Subjective Self Rating Test* merupakan salah satu metode subyektif yang dapat dilakukan untuk mengetahui gejala awal kelelahan kerja yang dialami oleh perawat. Hasil dari kuesioner ini akan dijadikan acuan untuk kemudian dilakukan pengukuran lainnya.

Kuesioner ini terdiri atas 10 item pertama sebagai indikator adanya pelemahan aktivitas, 10 item kedua indikator pelemahan motivasi kerja dan 10 item ketiga indikator kelelahan fisik atau kelelahan pada beberapa bagian tubuh. Semakin tinggi frekuensi gejala kelelahan muncul diartikan semakin besar pula tingkat kelelahan. Jawaban dari kuesioner kemudian diskoring sesuai empat skala *Likert* kemudian skor yang didapat dijumlahkan menjadi total skor individu (Susetyo et al, 2012).

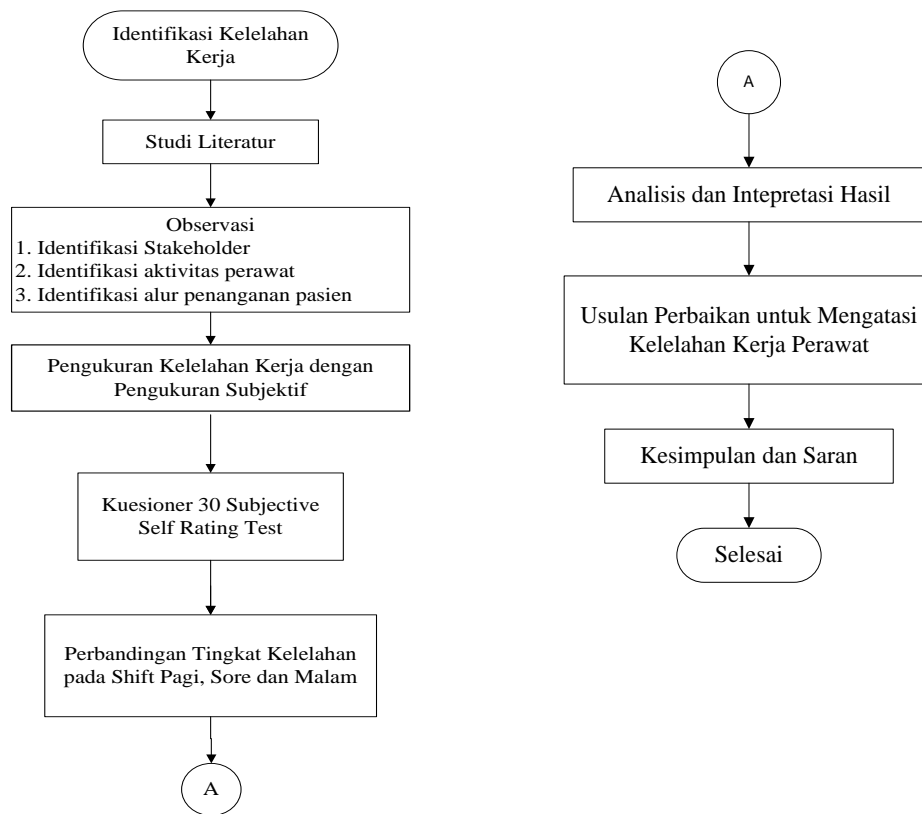
Berdasarkan desain penilaian kelelahan subyektif dengan menggunakan 4 skala *Likert* ini, akan diperoleh skor terendah adalah 30 dan 120 untuk skor individu tertinggi. Jawaban untuk kuesioner IFRC tersebut terbagi menjadi 4 kategori yaitu sangat sering (SS) bernilai 4, sering (S) bernilai 3, kadang-kadang (K) bernilai 2 dan tidak pernah (TP) bernilai 1 (Faiz, 2014). Kuesioner ini bersifat subyektif karena didasarkan pada pendapat dari perawat itu sendiri sehingga diperlukan metode yang sifatnya objektif agar dapat memastikan perawat mengalami kelelahan saat bekerja.

Pada beberapa kasus kelelahan juga dapat meninggalkan residu yang dirasakan pada hari berikutnya. Untuk mengatasi kondisi tersebut, maka sebaiknya desain pengukuran dilakukan saat sebelum dan sesudah melakukan aktivitas kerja (*pre and post test*). Dari perbedaan nilai hasil antara sebelum kerja dan sesudah kerja merupakan nilai kelelahan yang sebenarnya dialami oleh para pekerja (Tarwaka, 2004)



## 2. Metode Penelitian

Berikut merupakan metodologi yang digunakan dalam penelitian beserta penjelasan singkat pada setiap tahapannya.



Gambar 1. Alur Penelitian

Tahapan pada penelitian ini dimulai dengan tahap identifikasi masalah yang meliputi identifikasi kelelahan kerja berdasarkan studi literature. Hasil yang didapatkan dari studi literatur ini berupa penyebaran kuesioner *Subjective Self Rating Test* sebagai pengukuran secara subjektif kepada 4 perawat di bangsal bedah RSUD Karanganyar. Tahap selanjutnya yaitu observasi berupa identifikasi stakeholder, aktivitas perawat dan alur penanganan pasien. Pada tahap ini observasi dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung keadaan rumah sakit dan wawancara. Pengamatan dilakukan untuk mengetahui kondisi kerja perawat di bangsal kantil (bedah) RSUD Kabupaten Karanganyar. Sedangkan wawancara dilakukan langsung dengan ketua bangsal dan perawat. Pada tahapan ini bertujuan untuk mengetahui persepsi mengenai pengaruh sistem kerja *shift* terhadap kelelahan kerja yang dialami perawat yang terdapat di rumah sakit khususnya pada bangsal kantil (bedah), tahap-tahap pelaksanaan proses perawatan pasien sebelum dan sesudah operasi, jumlah perawat pada bangsal kantil (bedah), pembagian *shift* kerja setiap harinya, keluhan yang dialami perawat saat bekerja, jumlah pasien, serta kesalahan yang mungkin dan pernah terjadi yang berakibat fatal pada pasien.

Setelah itu tahapan selanjutnya dilakukan pengukuran kelelahan kerja menggunakan metode pengukuran subjektif dengan kuesioner *Subjective Self Rating Test*. Pengukuran ini akan dilakukan di setiap *shift* yaitu *shift* pagi, *shift* sore dan *shift* malam. Kemudian dilakukan perbandingan tingkat kelelahan untuk *shift* pagi, *shift* sore dan *shift* malam untuk mengetahui *shift* mana yang memiliki tingkat kelelahan yang paling tinggi sehingga perlu dilakukan perbaikan.



Tahapan selanjutnya yaitu analisis dan interpretasi hasil serta usulan perbaikan untuk mengatasi kelelahan kerja perawat. Dan tahap akhir adalah kesimpulan dan saran.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Perasaan Kelelahan Secara Subjektif (*Subjective Self Rating Test*)

Pengukuran kelelahan salah satunya dapat dilakukan dengan mengajukan beberapa pertanyaan mengenai gejala-gejala atau perasaan-perasaan yang secara subjektif dirasakan oleh perawat bangsal bedah RSUD Karanganyar. Salah satu pengukuran yang dapat digunakan yaitu dengan pengisian kuesioner. Kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Subjective Self Rating Test*. Metode pengukuran kelelahan ini diadopsi dari IFRS (*International Fatigue Research Committee of Japanese Association of Industrial Health*) yang dibuat sejak tahun 1967 disosialisasikan dan dimuat dalam *Prosiding Symposium on Methodology of Fatigue Assessment*. Symposium ini diadakan di Kyoto Jepang pada tahun 1969 (Umyati, 2010).

Kuesioner ini berisi sejumlah pertanyaan yang berhubungan dengan gejala-gejala kelelahan umum. Didalam skala IFRC ini terdapat 30 pertanyaan gejala kelelahan yang disusun dalam bentuk daftar pertanyaan. Jawaban tiap pertanyaan dijumlahkan kemudian disesuaikan dengan kategori tertentu (Tarwaka dkk, 2004). Berikut daftar pertanyaan yang diberikan antara lain :

Tabel 1.1 Daftar Gejala yang Berhubungan dengan Kelelahan

Pertanyaan					
No	Tentang Pelemahan Aktivitas	No	Pelemahan Motivasi	No	Kelelahan Fisik
1	Perasaan Berat di kepala	11	Susah berfikir	21	Sakit di kepala
2	Lelah seluruh badan	12	Lelah untuk bicara	22	Kaku di bahu
3	Kaki merasa berat	13	Gugup	23	Nyeri di punggung
4	Menguap	14	Tidak konsentrasi	24	Sesak nafas
5	Merasa pikiran kacau	15	Sulit memusatkan perhatian	25	Sering merasa haus
6	Mengantuk	16	Mudah lupa	26	Suara serak
7	Ada beban pada mata	17	Kepercayaan diri berkurang	27	Merasa pusing
8	Gerakan canggung dan kaku	18	Merasa cemas	28	Spasme di kelopak mata
9	Berdiri tidak stabil	19	Sulit mengontrol sikap	29	Tremor pada anggota badan
10	Ingin berbaring	20	Tidak tekun dalam pekerjaan	30	Merasa kurang sehat

Penelitian dilakukan pada perawat di bangsal bedah RSUD Karanganyar. Responden pada penelitian ini berjumlah 4 perawat yaitu 2 laki-laki dan 2 perempuan. Keempat responden ini adalah perawat yang mengalami pergantian sistem kerja *shift*. Responden dapat mengisi kuesioner saat sebelum dan setelah melakukan pekerjaan untuk setiap *shift*-nya. Responden diminta untuk mengisi kuesioner *Subjective Self Rating Test* terlebih dahulu untuk *shift* pagi, *shift* sore dan *shift* malam.

Kelelahan subjektif dinilai dengan menggunakan kuesioner *Subjective Self Rating Test* dengan 4 skala *likert* yaitu sangat sering (SS) bernilai 4, sering (S) bernilai 3, kadang-kadang (K) bernilai 2 dan tidak pernah (TP) bernilai 1. Berdasarkan hasil pengisian kuesioner didapat jumlah skor pengisian sebagai berikut :





Tabel 1.2 Rekapitulasi Hasil Kuesioner *Subjective Self Rating Test*

No	Responden	Shift Pagi		Shift Sore		Shift Malam	
		Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah	Sebelum	Sesudah
1	Responden I	49	68	37	67	44	67
2	Responden II	44	69	43	54	53	59
3	Responden III	35	62	38	49	49	68
4	Responden IV	44	58	35	53	51	70

Hasil pengukuran tingkat kelelahan secara subjektif saat setelah bekerja didapatkan hasil untuk *shift* pagi dan *shift* malam semua masuk dalam klasifikasi sedang dengan tindakan perbaikan mungkin diperlukan adanya perbaikan. Untuk *shift* sore didapatkan hasil bahwa 3 responden masuk dalam klasifikasi sedang sedangkan 1 responden diklasifikasi rendah dengan tindakan perbaikan belum diperlukan adanya tindakan perbaikan.

Hasil dari *uji paired sample T-test* menggunakan SPSS statistics 20 terhadap rata-rata skor kelelahan menggunakan metode kuesioner *Subjective Self Rating Test* untuk *shift* pagi didapat nilai  $t = -7.192$  dan nilai  $p \text{ value } 0.006$  yang berarti terdapat perbedaan tingkat kelelahan secara bermakna saat sebelum melakukan aktivitas dan saat sesudah melakukan aktivitas pekerjaan pada *shift* pagi. Sedangkan pada *shift* sore didapat nilai  $t = -3.905$  dan nilai  $p \text{ value } 0.030$  berarti bahwa terdapat perbedaan tingkat kelelahan secara bermakna saat sebelum melakukan aktivitas dan saat sesudah melakukan aktivitas pekerjaan pada *shift* sore. Pada *shift* malam didapat nilai  $t = 4.852$  dan nilai  $p \text{ value } 0.020$  berarti bahwa terdapat perbedaan tingkat kelelahan secara bermakna saat sebelum melakukan aktivitas dan saat sesudah melakukan aktivitas pekerjaan pada *shift* malam. Hasil dari ketiga *shift* tersebut menunjukkan *shift* yang memiliki tingkat signifikansi paling tinggi adalah *shift* pagi dikarenakan pada *shift* tersebut terdapat banyak aktivitas fisik yang dilakukan seperti mengantar dan menjemput pasien dari bangsal ke kamar operasi ataupun sebaliknya serta indikator gejala kelelahan umum yang terdapat kuesioner lebih banyak merujuk pada kelelahan akibat aktivitas fisik.

Berdasarkan desain penilaian kelelahan subjektif dengan menggunakan skala *likert* ini, akan diperoleh skor individu terendah sebesar 30 dan skor individu tertinggi 120. Hasil tersebut akan diklasifikasikan tingkat kelelahannya berdasarkan tabel klasifikasi dibawah ini:

Tabel 1.3 Klasifikasi Tingkat Kelelahan Subjektif

Tingkat Kelelahan	Total Skor	Klasifikasi Kelelahan	Tindakan Perbaikan
1	30-52	Rendah	Belum diperlukan adanya tindakan perbaikan
2	53-75	Sedang	Mungkin diperlukan adanya tindakan perbaikan
3	76-98	Tinggi	Diperlukan adanya tindakan perbaikan
4	99-120	Sangat Tinggi	Diperlukan tindakan perbaikan sesegera mungkin

### 3.2. Usulan Perbaikan

Untuk mengatasi kelelahan kerja yang terjadi pada perawat bangsal bedah RSUD Karanganyar terdapat beberapa saran yang mungkin dapat jadi pertimbangan agar tingkat kelelahan kerja pada bangsal tersebut berkurang dan metode sistem kerja *shift* yang lebih baik dari sebelumnya.

Berdasarkan hasil perhitungan didapatkan hasil bahwa *shift* pagi yang memiliki tingkat signifikansi tingkat kelelahan yang paling tinggi dibandingkan *shift* lain maka perbaikan yang dapat diusulkan yaitu:

1. Penambahan jumlah tenaga kerja perawat pada *shift* pagi untuk mengurangi besarnya beban kerja.
2. Jenis pekerjaan disesuaikan dengan kondisi fisik perawat.



3. Untuk jenis pekerjaan yang sifatnya aktivitas fisik seperti mengantar dan menjemput pasien yang akan dioperasi sebaiknya dilakukan oleh perawat yang memiliki usia produktif yaitu dibawah 40 tahun.
4. Memperbanyak waktu istirahat. Sehingga dapat meminimalisir tingkat kelelahan.
5. Sebaiknya Penjadwalan rotasi *shift* dilakukan setiap satu atau dua minggu sekali agar ritme sirkadian tubuh dapat beradaptasi.

Sedangkan untuk *shift* lain yaitu *shift* sore dan malam usulan yang dapat diberikan adalah :

1. Diperlukan penambahan jumlah tenaga kerja perawat dikarenakan jika bangsal penuh terdapat 18 pasien yang harus dirawat. Dan jumlah perawat pada *shift* tersebut hanya ada 2 tiap *shift*nya. Sehingga skala perbandingan perawat dengan pasien dapat mencapai 1 : 9, artinya satu orang perawat dapat menangani 9 orang pasien. Tentunya keterbatasan sumber daya perawat akan memberikan efek tingginya tingkat kelelahan kerja pada perawat bangsal tersebut.
2. Dikarenakan *shift* malam memiliki waktu kerja yang paling lama yaitu 12 jam diperlukan sistem pengaturan usia perawat agar pada *shift* malam sebaiknya menghindari perawat yang berumur > 40 tahun karena usia tersebut rentan terjadinya penurunan ketahanan tubuh.

Usulan lain yang dapat diberikan adalah pengaturan kerja pada perawat bangsal bedah RSUD Karanganyar terutama untuk perawat yang mengalami system kerja *shift* agar menghindari pekerjaan sampingan diluar pekerjaannya sebagai perawat. Kondisi ini akan menyebabkan perawat lebih mengalami kelelahan saat melakukan pekerjaan sebagai perawat. Tingkat konsentrasi menjadi menurun karena waktu istirahat akan lebih sedikit. Situasi ini akan sangat mungkin terjadi pada perawat yang akan bekerja pada *shift* sore maupun *shift* malam. Dimana perawat akan menggunakan waktu kosong pada pagi dan siang hari untuk melakukan pekerjaan sampingan tersebut.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengukuran subjektif menggunakan kuesioner *Subjective Self Rating Test* terhadap 4 responden perawat didapatkan hasil bahwa dari ketiga shift terdapat perbedaan tingkat kelelahan secara bermakna saat sebelum melakukan aktivitas dan saat sesudah melakukan aktivitas pekerjaan. Hasil dari ketiga *shift* tersebut menunjukkan *shift* yang memiliki tingkat signifikansi paling tinggi adalah *shift* pagi dikarenakan pada *shift* tersebut terdapat banyak aktivitas fisik yang dilakukan seperti mengantar dan menjemput pasien dari bangsal ke kamar operasi ataupun sebaliknya serta indikator gejala kelelahan umum yang terdapat kuesioner lebih banyak merujuk pada kelelahan akibat aktivitas fisik.

Saran yang dapat diberikan sebaiknya perawat memanfaatkan waktu istirahat sebaik mungkin dan dapat mengatur sendiri waktu istirahat dan waktu tidur untuk mengurangi terjadinya kelelahan kemudian menghindari pekerjaan yang berat sebelum masuk kerja terutama untuk *shift* sore dan *shift* malam. Diperlukan penambahan tenaga kerja perawat untuk bangsal bedah RSUD Karanganyar karena tenaga kerja saat ini sangat terbatas yaitu hanya 2 orang untuk *shift* sore dan *shift* malam.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Departemen Kesehatan RI, 2009. *Standar Kesehatan Kerja di Rumah Sakit (K3RS)*. Jakarta, Depkes RI.
- Faiz, N., 2014. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kelelahan Kerja pada Pekerja Operator SPBU di Kecamatan Ciputat Tahun 2014*. Skripsi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Nurmianto, E. 1996. *Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya*. Surabaya : Penerbit Guna Widya.
- Susetyo, S., Oesman, I.T., Sudharman, T.S. 2012. Pengaruh *Shift* Kerja Terhadap Kelelahan Karyawan dengan Metode *Bourdon Wiersma* dan *30 Items of Rating Scale*. *Jurnal Teknologi*. Vol 5, No.1. Hal 32-39
- Tarwaka., Bakri A.H.S., Sudiajeng L. 2004. *Ergonomi untuk Keselamatan, Kesehatan Kerja dan Produktivitas*. Uniba Press. Surakarta.
- Umyati. 2010. *Faktor-faktor yang Berhubungan dengan Kelelahan Kerja pada Pekerja Penjahit Sektor Usaha Informal di Wilayah Ketapang Cipondoh Tangerang Tahun 2009*. Skripsi Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah: Jakarta.
- Wicken, C. D., Lee, J. D., Liu, Y., Becker, S. E. G., (2004). *An Introduction To Human Factors Engineering*, Prentice Hall, New Jersey.



## **Standar Operasional Prosedur (SOP) Aspek Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di Unit Sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta**

**Widodo Hariyono<sup>1,2</sup>, Yusuf Faishol Awaluddin<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat, FKM, Universitas Ahmad Dahlan (UAD)

<sup>2</sup>Pusat Studi K3 UAD

Jl. Prof. Dr. Soepomo, S.H., Janturan, Kota Yogyakarta, 55164

HP: 0818268945, E-mail: widodohariyono@yahoo.com

### **Intisari**

*Kereta api merupakan alat transportasi masal yang berada dibawah PT Kereta Api Indonesia (Persero). PT Kereta Api Indonesia (Persero) selalu mengutamakan kualitas, kepuasan dan keselamatan penumpang. Unit sarana memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kelayakan dan kesiapan lokomotif dan kereta sebelum berangkat yang secara tidak langsung menentukan keselamatan orang banyak sebagai penumpang. Perawatan terhadap lokomotif dan kereta secara berkala menjaga lokomotif dan kereta selalu dalam keadaan optimal. Setiap pekerja unit sarana wajib memahami dan melaksanakan SOP K3 yang sudah ditentukan. Kebijakan SOP K3 dapat memberikan informasi kepada para pekerja agar dapat melaksanakan tugas dan tanggung jawabnya dengan aman dan nyaman sehingga terhindar dari penyakit atau kecelakaan akibat kerja. Tujuan: Mengetahui SOP K3 unit sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta. Metode: Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Hasil: SOP K3 di unit sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) meliputi Alat Pelindung Diri (APD); Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja; Inspeksi Kerja; Rambu-Rambu K3; Pemeliharaan dan Keadaan Darurat.*

*Kata Kunci: SOP K3, Kereta Api.*

### **1. Pendahuluan**

Prosedur kerja yang sistematis dalam pelaksanaan tugas di tempat kerja merupakan faktor yang terpenting dalam sistem manajemen keselamatan dan kesehatan kerja secara menyeluruh. Suatu pekerjaan membutuhkan adanya suatu petunjuk sebagai pegangan bagi petugas untuk mengurangi risiko terjadinya kecelakaan. Setiap pekerja perlu mengikuti prosedur kerja yang ditetapkan. Hal ini penting untuk menjamin keselamatan dan kesehatan pekerja tersebut. Prosedur tersebut biasanya dituangkan dalam bentuk Standar Operasional Prosedur (SOP) (Suci, *et al.*, 2012).

Standar Operasional Prosedur (SOP) dapat memberikan kemudahan kepada setiap pekerja dalam melaksanakan tugasnya sehingga dapat memberikan hasil pekerjaan yang bermutu dan berkualitas, disamping terhindar dari risiko terpajan atau tertular penyakit. Pemahaman, sikap serta kesadaran adalah hal yang penting, yang harus dimiliki oleh setiap pekerja dalam menerapkan dan mematuhi SOP tersebut sehingga setiap pekerja melakukan pekerjaannya dengan baik dan benar (Suci, *et al.*, 2012).

PT Kereta Api Indonesia (Persero) merupakan salah satu Badan Usaha Milik Negara (BUMN) yang diberi tugas dan tanggung jawab untuk menyelenggarakan jasa angkutan kereta api. PT Kereta Api Indonesia (Persero) selalu mengutamakan kualitas, kepuasan dan keselamatan penumpang. Unit sarana yang terdiri dari dipo kereta dan lokomotif memiliki peran yang sangat penting dalam menentukan kelayakan dan kesiapan lokomotif dan kereta sebelum berangkat yang secara tidak langsung menentukan keselamatan orang banyak sebagai penumpang. Perawatan



terhadap lokomotif dan kereta secara berkala menjaga lokomotif dan kereta selalu dalam keadaan optimal. Setiap pekerja unit sarana wajib memahami dan melaksanakan SOP K3 yang sudah ditentukan (PT Kereta Api Indonesia, 2014).

Setiap kegiatan di unit sarana baik di dipo lokomotif maupun dipo kereta Yogyakarta telah diatur oleh SOP yang wajib dipahami dan dilaksanakan oleh setiap pekerja. SOP K3 di unit sarana dibuat oleh team *Safety, Health & Environment (SHE)*. Keberhasilan pelaksanaan SOP K3 di perusahaan tidak lepas dari sikap kepatuhan personal baik dari pihak karyawan maupun pihak manajerial dalam melaksanakan peraturan kebijakan K3. Penerapan SOP K3 di unit sarana sangat penting tapi sulit untuk diterapkan secara merata (PT Kereta Api Indonesia, 2014).

Setiap proses pekerjaan di unit sarana banyak menggunakan bahan-bahan yang dapat menimbulkan potensi bahaya kerja. Dibandingkan unit lain yang ada di PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta, unit sarana memiliki risiko terjadinya kecelakaan paling tinggi. Jika para karyawan tidak melaksanakan proses pekerjaan sesuai dengan SOP K3 yang telah ditetapkan dengan baik maka akan timbul potensi bahaya kerja yang dapat membahayakan pekerja itu sendiri.

Standar Operasional Prosedur (SOP) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) memiliki peranan yang sangat penting dalam sebuah perusahaan. SOP K3 dapat menjamin hak dari setiap karyawan. Kerugian yang disebabkan oleh kecelakaan sangatlah besar sehingga semua pihak yang terlibat baik pekerja, pimpinan perusahaan dan penentu kebijakan harus memahami dan menerapkan program-program tentang K3 sehingga tercipta lingkungan kerja yang aman, nyaman dan sehat. Maka dengan demikian jumlah kecelakaan kerja dapat ditekan dan perusahaan tidak akan mengalami suatu kerugian.

Berdasarkan hasil observasi awal yang dilakukan pada bulan Februari 2016 di Unit Sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta diperoleh hasil berupa (1) PT Kereta Api Indonesia (Persero) memiliki Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) ISO 9001 : 2008 (2). PT Kereta Api Indonesia (Persero) memiliki tim *Safety Health and Environment (SHE)* secara terpusat, (3). Terdapat SOP K3 yang mengatur setiap kegiatan yang ada di unit sarana. Hasil wawancara pada *assistan manager* unit sarana menyebutkan bahwa SOP K3 sangat penting untuk selalu dipatuhi dan dilaksanakan setiap pekerja PT Kereta Api Indonesia (Persero). *Assistan manager* unit sarana juga menambahkan bahwa setiap pekerja harus dan wajib memahami serta melaksanakan SOP K3 yang sudah ditetapkan.

Masalah yang ada di Unit Sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta yaitu (1). Kurangnya penyediaan alat pelindung diri, (2). Pengadaan alat pelindung diri telat, (3). Terdapat karyawan yang tidak menggunakan alat pelindung diri pada saat berada di tempat kerja dan (4). Tidak semua kecelakaan dan penyakit akibat kerja dilaporkan dan dicatat. Berdasarkan uraian tersebut peneliti tertarik menganalisis penerapan SOP K3 di Unit Sarana PT Kereta Api Indonesia Daerah Operasi VI Yogyakarta.

## 2. Metodologi

Jenis penelitian ini adalah deskriptif kualitatif. Penelitian deskriptif adalah jenis penelitian yang memberikan gambaran atau uraian atas suatu keadaan sejelas mungkin tanpa ada perlakuan terhadap obyek yang diteliti (Kountur, 2004). Penelitian ini dilaksanakan di unit sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta, tepatnya pada unit kerja di Stasiun Tugu yaitu di dipo kereta Yogyakarta dan dipo lokomotif Yogyakarta. Waktu penelitian dilaksanakan pada bulan Maret 2016. Subyek dalam penelitian ini adalah *Junior Manager* dipo kereta dan dipo lokomotif Yogyakarta, *supervisor* dipo kereta dan dipo lokomotif Yogyakarta dan pekerja dipo kereta dan dipo lokomotif Yogyakarta.



### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil

##### 3.1.1. Deskripsi subyek penelitian

Jumlah subyek dalam penelitian ini sebanyak 10 orang yang dianggap dapat memberikan informasi yang lengkap dan akurat. Subyek tersebut terdiri dari 2 *junior manager*, 2 *supervisor* dan 6 pekerja di dipo lokomotif dan dipo kereta Yogyakarta. Deskripsi subyek penelitian diuraikan kedalam tabel berikut:

Tabel 1. Deskripsi Subyek Penelitian

No.	Subyek Penelitian	Jumlah	Kode
1.	<i>Junior Manager</i> dipo lokomotif Yogyakarta	1 Orang	R1
2.	<i>Junior Manager</i> dipo kereta Yogyakarta	1 Orang	R2
3.	<i>Supervisor</i> dipo lokomotif Yogyakarta	1 Orang	R3
4.	<i>Supervisor</i> dipo kereta Yogyakarta	1 Orang	R4
5.	Pekerja dipo lokomotif Yogyakarta	3 Orang	R5, R6, R7
6.	Pekerja dipo kereta Yogyakarta	3 Orang	R8, R9, R10

##### 3.1.2. SOP K3 Unit sarana PT Kereta Api Indonesia Daerah Operasi VI Yogyakarta

Setelah melakukan observasi dan wawancara pada *junior manager*, *supervisor* dan pekerja dipo lokomotif dan dipo kereta Yogyakarta, maka hasil dikelompokkan berdasarkan variabel yang diteliti dalam penelitian ini, diantaranya adalah sebagai berikut:

Kebijakan SOP K3 di unit sarana dibuat oleh team *Safety, Health & Environment (SHE)* yang telah dikaji dan disesuaikan dengan SMK3 dan ISO 9001 : 2008 serta peraturan perkeretaapian nasional. Team SHE berada di kantor pusat PT Kereta Api Indonesia (Persero) yang terletak di Jl. Perintis Kemerdekaan No. 1 Bandung. Berikut adalah kutipan hasil wawancara dengan *junior manager* dipo lokomotif Yogyakarta:

*“Ada mas, untuk kebijakan SOP K3 disini dibuat oleh SHE nya mas. SHE nya di kantor pusat sana, di Bandung”* (Responden R1).

Kebijakan SOP K3 di unit sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta sama dengan unit sarana di daerah operasi lainnya di Indonesia. Pernyataan ini diungkapkan oleh *junior manager* dipo kereta Yogyakarta:

*“Ada SOP K3 nya mas, untuk kebijakan SOP K3 nya dibuat oleh team SHE. Kebijakan SOP K3 di PT Kereta Api Indonesia dari daop satu sampai daop sembilan sama mas. Baik dipo lokomotif maupun dipo kereta sama saja, balai yasa juga sama kebijakan SOP K3 nya”* (Responden R2).

Kebijakan SOP K3 di unit sarana terdiri dari 6 komponen utama yang terdiri dari: Alat Pelindung Diri (APD); Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja; Inspeksi Kerja; Rambu-Rambu K3; Pemeliharaan dan Keadaan Darurat.

*“Kebijakan SOP K3 nya yang utama ada 6 kalau nggak salah mas, seperti alat pelindung diri itu yang paling utama, kalau ada keadaan darurat, apar, pelaporan kecelakaan, hmmm.... rambu-rambu K3 mas, kayak itu mas”* (Responden R3).



Pernyataan senada juga disampaikan oleh responden lainnya dalam kutipan wawancara berikut:

*“Ada beberapa mas, SOP nya seperti APD mas, kalau masuk tempat kerja harus pakai helm, sepatu dan lain-lain, terus SOP kalau ada kecelakaan di tempat kerja, hmmm... kalau dalam keadaan darurat seperti kebakaran mas, cara pakai apar”* (Responden R7).

Setiap kegiatan di unit sarana baik di dipo lokomotif maupun dipo kereta Yogyakarta telah diatur oleh SOP K3 yang wajib dipahami dan dilaksanakan oleh setiap pekerja. Hal ini disampaikan oleh *junior manager* dipo lokomotif dan dipo kereta Yogyakarta dalam kutipan wawancara sebagai berikut:

*“Setiap pekerja harus dan wajib mas memahami dan mematuhi SOP K3 perusahaan, karena SOP K3 itu sangat penting...nggak hanya bagi perusahaan, tapi itu bagi pekerja sendiri juga mas...”* (Responden R1).

*“...sebelum bekerja kita apel dulu mas, briefing dulu sebelum bekerja, berdoa dan selalu memberikan instruksi kepada seluruh pekerja untuk selalu mentaati dan mematuhi peraturan yang ada termasuk SOP K3. Memang kita tekankan bagi para seluruh pekerja untuk selalu melaksanakan pekerjaannya sesuai dengan SOP K3.* (Responden R2).

Kepatuhan pekerja unit sarana terhadap SOP K3 sangat penting agar setiap pekerja dapat melaksanakan tugas dan tanggung jawabnya dengan aman dan nyaman sehingga terhindar dari penyakit atau kecelakaan akibat kerja, serta agar tercapai tujuan yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

*“saya selalu mematuhi prosedur yang ada mas, sebelum bekerja apel dulu, selalu ditekankan untuk mematuhi prosedur maupun peraturan perusahaan. Untuk APD pun saya selalu memakainya mas, seperti masker, helm, sepatu. kalau istirahat aja dilepas”* (Responden R10).

*“oh selalu itu mas, pasti itu, wajib soalnya mematuhi SOP yang ada. Saya pribadi selalu pakai APD kalau bekerja, semua lengkap saya pakai, meskipun ada beberapa teman-teman yang terkadang nggak pakai mas. Ya namanya juga kesadaran masing-masing sih mas, kita cuma saling mengingatkan. Kalau ada pak JM ya ditegur mas, kalau berkali-kali ya mungkin kena sanksi”* (Responden R9).

Salah satu aspek yang membentuk kepatuhan adalah pengetahuan dari pekerja terhadap suatu objek/meteri. Pengetahuan dalam hal ini mengenai SOP K3 yang diterapkan oleh perusahaan. Berdasarkan hasil wawancara peneliti dengan para responden bahwa pemahaman pekerja unit sarana pada SOP K3 sudah sangat baik, akan tetapi kepatuhan pekerja unit sarana terhadap SOP K3 perlu ditingkatkan.

Pernyataan ini didukung oleh hasil pengamatan langsung yang dilakukan oleh peneliti bahwa masih ada beberapa pekerja yang tidak memakai APD seperti helm dan sarung tangan di tempat kerja, padahal di area tersebut sudah jelas terdapat rambu-rambu yang mewajibkan pekerja memakai APD.

Berdasarkan penjelasan di atas menunjukkan bahwa penggunaan alat pelindung diri yang merupakan kewajiban bagi setiap pekerja terutama di unit sarana belum digunakan secara baik dikarenakan kesadaran pekerja masing-masing belum cukup baik untuk digunakan pada waktu pekerjaan kecuali pada waktu-waktu tertentu saja atau dalam keadaan darurat saja.

### 3.2. Pembahasan

SOP K3 merupakan suatu standar atau prosedur yang dapat memberikan informasi kepada para pekerja agar dapat melaksanakan tugas dan tanggung jawabnya dengan aman dan nyaman sehingga terhindar dari penyakit atau kecelakaan akibat kerja, serta agar tercapai tujuan yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Kebijakan SOP K3 di unit sarana dibuat oleh team SHE yang berada di kantor pusat PT Kereta Api Indonesia (Persero) yang berada di Jl. Perintis Kemerdekaan No. 1 Bandung. Kebijakan SOP K3 di unit sarana telah dikaji dan disesuaikan dengan SMK3 dan ISO



9001 : 2008 serta peraturan perkeretaapian nasional. Kebijakan SOP K3 di unit sarana di setiap daerah operasi sama.

SOP K3 di unit sarana dibagi menjadi 6 komponen utama yaitu Alat Pelindung Diri (APD); Inspeksi Kerja; Rambu-Rambu K3; Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja; Pemeliharaan dan Keadaan Darurat. Hal ini sesuai dengan dokumen yang ditunjukkan oleh *assistan manager* unit sarana bahwa terdapat 6 SOP K3 utama.

Unit sarana mewajibkan setiap pekerja memakai APD saat memasuki tempat kerja sesuai dengan SOP K3 yang telah ditetapkan seperti helm, *safety shoes*, pakaian kerja, sarung tangan dan alat pelindung diri khusus seperti kacamata saat proses pengelasan dan *ear muff* atau *ear plug* saat melakukan *maintenance* atau pengecekan terhadap lokomotif atau kereta. Unit sarana juga memiliki rambu-rambu K3 seperti kewajiban memakai APD, rambu larangan, peringatan, informasi hingga jalur evakuasi. Rambu-rambu K3 di unit sarana juga sudah sesuai dengan SOP seperti penempatan, jumlah, bentuk, warna serta pemasangan. Menurut Tjakra, et al. (2013) salah satu upaya perusahaan agar pekerjanya sadar akan pentingnya K3 dengan cara melakukan himbauan-himbau tentang K3 seperti pemakaian APD, melalui pemasangan poster-poster K3 atau dengan sistem *reward and punishment*.

Pemeliharaan di unit sarana dibagi menjadi pemeliharaan harian dan pemeliharaan bulanan. Pemeliharaan bulanan dibagi menjadi pemeliharaan 1 bulan (P1), pemeliharaan 3 bulan (P3), pemeliharaan 6 bulan (P6) dan pemeliharaan 12 bulan (P12). Pemeliharaan berupa pemeliharaan lokomotif dan kereta. Pemeliharaan harian dilakukan sebelum dan sesudah kereta beroperasi, sedangkan pemeliharaan bulanan dilakukan untuk menjaga kondisi lokomotif dan kereta selalu dalam keadaan optimal.

Dipo lokomotif dan dipo kereta Yogyakarta masing-masing memiliki tim P2K3. Sekretaris P2K3 baik dipo lokomotif maupun dipo kereta Yogyakarta bertanggungjawab membentuk tim inspeksi yang terdiri dari ketua, sekretaris dan anggota inspeksi. Tim inspeksi melakukan tugasnya dan melaporkan hasil kegiatan inspeksi, kemudian menindaklanjuti hasil inspeksi. Inspeksi berupa observasi cara kerja, perilaku pekerja, peralatan, sarana K3 dan kondisi lingkungan kerja. Hasil inspeksi dipublikasikan kepada seluruh karyawan dan hasil inspeksi dapat diakses oleh semua karyawan. Menurut Pratomo dan Widajati (2013) inspeksi merupakan suatu program pencegahan yang sangat penting yang dapat dilakukan untuk menjamin lingkungan kerja selalu aman, sehat dan selamat.

Tim P2K3 bertanggungjawab terhadap terlaksananya suatu investigasi di lokasi kerja. Dalam keadaan darurat di lokasi kerja diantaranya bencana alam, kebakaran, ancaman bom, banjir dan sebagainya unit sarana memiliki instruksi kerja termasuk tindakan pencegahan seperti pengadaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) di tempat kerja.

Unit sarana memiliki potensi terjadinya kecelakaan dan penyakit akibat kerja. Setiap terjadi insiden, kecelakaan dan penyakit akibat kerja di unit sarana terdapat prosedur pelaporan dan penyelidikannya. Semua pekerja unit sarana wajib melaporkan kepada atasannya apabila melihat atau mengalami suatu insiden, kecelakaan atau penyakit akibat kerja. Pelaporan dilakukan kepada atasannya berupa laporan lisan terlebih dahulu kemudian laporan secara tertulis. Keselamatan dan kesehatan kerja menjadi kewajiban semua pihak sehingga semua wajib berperan aktif walaupun dalam porsi yang berbeda-beda sesuai level jabatannya. Menurut Salafudin, et al. (2013) budaya K3 bukan sebatas menjadi wacana tetapi harus menjadi tanggung jawab bersama tidak hanya pimpinan atau Tim K3.

Pekerja unit sarana secara keseluruhan memiliki pemahaman yang baik terhadap SOP K3, hal ini dibuktikan bahwa pekerja unit sarana mampu menjelaskan, membedakan dan menerangkan SOP K3 yang ada di unit sarana. Para pekerja unit sarana mampu menjelaskan dan menerangkan tentang alat pelindung diri, prosedur keadaan darurat, perawatan, mampu membedakan dan menerangkan arti dari setiap rambu-rambu K3 yang ada di unit sarana, selain itu para pekerja unit sarana juga sadar dan mengerti potensi bahaya yang ada di unit sarana.





Pemahaman pekerja unit sarana terhadap SOP K3 sudah cukup baik, akan tetapi kepatuhan pekerja unit sarana terhadap SOP K3 perlu ditingkatkan. Hal ini dapat dibuktikan dengan masih terdapat beberapa pekerja yang merokok di tempat kerja, tidak memakai APD saat di tempat kerja, dan tidak melaporkan atau mencatat jika terjadi kecelakaan di tempat kerja seperti tergores, terjepit, tersayat, terpecik api dan sebagainya. Hal ini diperkuat dengan tidak adanya data atau laporan kecelakaan akibat kerja di unit sarana. Hanya kecelakaan kerja yang berdampak fatal seperti terjatuh dari ketinggian yang menyebabkan patah tulang yang dilaporkan dan dilakukan pencatatan.

Kepatuhan terhadap suatu peraturan yang diterapkan di lingkungan pekerjaan merupakan kehendak dan kesediaan pekerja untuk memenuhi dan mentaati segala prosedur dan ketentuan-ketentuan yang berlaku, baik secara tertulis maupun tidak tertulis. Kepatuhan pekerja tidak akan terbentuk dengan sendirinya tanpa disertai dengan upaya yang dilakukan oleh pimpinan (Hasan, 2015).

SOP K3 di unit sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta sebagian besar telah sesuai dengan SOP K3 yang sudah ditetapkan oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero), akan tetapi ada beberapa hal yang perlu dibenahi dan dilengkapi.

Pemeliharaan yang ada di unit sarana sudah sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh unit sarana, dimana pemeliharaan harian maupun bulanan terlaksana dengan sangat baik. Rambu-rambu K3 yang ada di unit sarana sudah memenuhi dan sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan yang meliputi penempatan, jumlah, bentuk, warna serta pemasangan. Inspeksi kerja di unit sarana juga sudah sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh unit sarana, dibuktikan dengan inspeksi dilakukan sebulan sekali, hasil inspeksi yang ditemukan di tempat kerja dipublikasikan dan dapat diakses seluruh pekerja unit sarana, hasil inspeksi kemudian ditindaklanjuti dan dilakukan perbaikan segera. Setiap keadaan darurat di unit sarana memiliki prosedur dan sudah sesuai dengan ketentuan yang ditetapkan oleh unit sarana, hal ini dibuktikan dengan salah satu prosedurnya yaitu tentang pengadaan APAR yang sudah sesuai dengan ketentuan.

Penerapan SOP K3 yang ada di unit sarana hampir seluruhnya sudah sesuai dengan SOP K3 yang ditetapkan oleh unit sarana. Hanya ada beberapa SOP K3 yang belum sesuai dengan SOP K3 yang ditetapkan oleh unit sarana seperti APD dan Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja.

Pengadaan APD di unit sarana perlu ditingkatkan. Terdapat beberapa pekerja baru unit sarana yang belum mendapatkan APD, beberapa APD yang sudah harus diganti dan perawatan terhadap APD yang kurang. Pengurus wajib menyediakan APD bagi pekerja di tempat kerja, APD diberikan oleh pengurus secara cuma-cuma sesuai Keputusan Direksi PT Kereta Api Indonesia (Persero) No. KEP.U/LL.507/VI/1/KA-2012 tentang Alat Pelindung Diri di Lingkungan Kerja PT Kereta Api Indonesia (Persero). Pekerja unit sarana mengajukan APD sesuai dengan kebutuhan pekerjaannya kepada para pengurus, kemudian pengurus menindaklanjuti dengan memberi APD sesuai yang dibutuhkan oleh pekerja, tetapi pada kenyataannya pengadaan APD di unit sarana dinilai telat.

Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja di unit sarana juga perlu ditingkatkan. Sesuai dengan prosedur yang dikeluarkan PT Kereta Api Indonesia (Persero) jika terjadi insiden, kecelakaan atau penyakit akibat kerja yang terjadi di tempat kerja maka pekerja baik yang mengalami atau melihat insiden, kecelakaan atau penyakit akibat kerja wajib melaporkan secara lisan dan tertulis. Kenyataan di lapangan bahwa pekerja hanya melaporkan insiden, kecelakaan atau penyakit akibat kerja yang berat seperti terjatuh dari ketinggian sampai patah tulang, sedangkan untuk insiden, kecelakaan atau penyakit akibat kerja ringan seperti tergores, tersayat, terpecik api, terjepit dan sebagainya pekerja tidak melaporkannya. Hal ini diperkuat dengan tidak adanya data atau laporan insiden, kecelakaan atau penyakit akibat kerja kecil atau sedang di unit sarana.

Menurut Zulyanti (2013) keberhasilan suatu kebijakan di perusahaan merupakan tanggung jawab bersama antara perusahaan dan karyawan, dimana keberhasilan dari



kebijakan ini sepenuhnya terletak pada keterlibatan dari semua karyawan dengan cara menjalankan kebiasaan kerja yang terbaik dalam bidang kualitas lingkungan, kesehatan, dan keselamatan kerja.

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

##### **4.1. Kesimpulan**

Standar Operasional Prosedur (SOP) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Unit Sarana PT Kereta Api Indonesia (Persero) Daerah Operasi VI Yogyakarta dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. SOP K3 di unit sarana terdiri dari 6 komponen utama yang terdiri dari: Alat Pelindung Diri (APD); Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja; Inspeksi Kerja; Rambu-Rambu K3; Pemeliharaan dan Keadaan Darurat.
2. Pemahaman pekerja unit sarana terhadap SOP K3 sudah cukup baik, akan tetapi kepatuhan pekerja unit sarana terhadap SOP K3 perlu ditingkatkan.
3. SOP K3 seperti Inspeksi Kerja; Rambu-Rambu K3; Pemeliharaan dan Keadaan Darurat sudah sesuai dengan SOP K3 yang sudah ditetapkan oleh PT Kereta Api Indonesia (Persero), sedangkan SOP K3 seperti Alat Pelindung Diri (APD); Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja belum sesuai dengan SOP K3 yang sudah ditetapkan oleh unit sarana.

##### **4.2. Saran**

Berdasarkan hasil kesimpulan tersebut, maka saran yang diberikan adalah:

- 1) Bagi Manajemen Unit Sarana
  - a) Hendaknya membentuk tim khusus yang memantau kepatuhan pekerja terhadap SOP K3 seperti pemakaian APD, Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja serta mencatat semua insiden, kecelakaan dan penyakit akibat kerja.
  - b) Memberikan sanksi yang tegas apabila terdapat pekerja yang melanggar atau tidak mematuhi SOP K3.
- 2) Bagi Pekerja Unit Sarana
  - a) Agar lebih meningkatkan lagi kepatuhan terhadap SOP K3 terutama pemakaian APD di tempat kerja dan Pelaporan dan Penyelidikan Insiden, Kecelakaan dan Penyakit Akibat Kerja.
  - b) Agar melaporkan dan mencatat jika terjadi insiden, kecelakaan dan penyakit akibat kerja sekecil apapun, tidak hanya insiden, kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang berat saja yang dilaporkan dan dicatat.

#### **Ucapan Terima Kasih**

Kepada Pimpinan Pusat Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (PS-K3) UAD, diucapkan terima kasih atas pendanaan yang diberikan dalam riset ini.

#### **Daftar Pustaka**

- Hasan, I., 2015, *Tugas Akhir : Analisis Kepatuhan Karyawan Bagian Produksi Pada Standar Operasional Prosedur (SOP) Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) di PT Polyrama Propindo Indramayu Jawa Barat*, Jurusan Ilmu Kesehatan Masyarakat Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Ahmad Dahlan, Yogyakarta.
- Kountur, R., 2004. *Metode Penelitian Untuk Penulisan Skripsi dan Tesis*. Penerbit PPM, Jakarta.
- Pratomo, A., dan Widajati, N., 2013, Tingkat Pemenuhan *Safety Inspection* Menurut *International Safety Rating System* di Bukit Tua, *The Indonesian Journal of Occupational Safety and Health*, Vol. 2 pp. 28-33.
- PT Kereta Api Indonesia. 2014. *Company Profile*, Bandung.



- Salafudin, M., Ananta, H., dan Subiyanto. 2013, Implementasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja di PT PLN (Persero) Area Pengatur Distribusi Jawa Tengah & D.I. Yogyakarta dalam Upaya Peningkatan Mutu dan Produktivitas Kerja Karyawan, *Jurnal Teknik Elektro*, Vol. 5 pp. 26-31.
- Suci, R., Restuatuti, T., Fatmawati, 2012, Hubungan Pengetahuan dan Sikap Petugas Laboratorium Patologi Klinik Terhadap Penerapan *Standard Operating Procedure (SOP)* Penanganan Bahan Infeksius di RSUD Arifin Achmad Provinsi Riau, *Jom Fakultas Kedokteran*, Vol. 1 pp 1-11.
- Tjakra, J., Sepang, B., dan Walangitan. 2013, Manajemen Risiko K3 pada Proyek Pembangunan Ruko Orlens Fashion Manado, *Jurnal Sipil Statik*, Vol. 1 pp 282-288.
- Zulyanti, 2013, Komitmen Kebijakan Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Sebagai Upaya Perlindungan Terhadap tenaga Kerja (Studi pada Mitra Produksi Sigaret KUD Tani Mulyo Lamongan), *Jurnal Administrasi Publik*, Vol. 11 pp 264 – 275.



## Perancangan Permainan Edukasi Interaktif Berbasis Teknologi *Motion Gesture Terhadap Anak Tunagrahita Ringan*

**Amanda Ariella, Thedy Yogasara, dan Johanna Renny Octavia Hariandja**

Program Magister Teknik Industri, Universitas Katolik Parahyangan

Jl. Merdeka 30, Bandung 40117

e-mail: amanda.ariella.aa@gmail.com

### Intisari

*Kurikulum program bina diri untuk anak tunagrahita ringan diharapkan dapat membantu kemandirian mereka ketika berada dalam kehidupan sosial. Namun, keterbatasan akan gerak motorik, daya ingat, dan kesulitan dalam berkonsentrasi, membuat anak tunagrahita tidak maksimal dalam mempelajari program bina diri. Salah satu bentuk intervensi yang dapat dilakukan ialah pembelajaran dengan permainan interaktif berbasis teknologi motion gesture yang bertujuan agar anak tunagrahita ringan mampu belajar dan melatih kontrol gerak sensori motorik mereka. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan merancang permainan yang sesuai dengan kebutuhan anak tunagrahita ringan akan program bina diri. Metode wawancara, observasi, dan usability testing digunakan untuk membantu perancangan permainan edukasi ini. Hasil wawancara dan observasi memberikan beberapa identifikasi kebutuhan untuk sistem permainan, diantaranya sistem yang menggunakan reward dan memiliki instruksi yang jelas dalam setiap scene permainan. Hasil pengujian usability menggunakan metode thinking-aloud menyatakan bahwa anak tunagrahita ringan usia 7-11 tahun merasa kesulitan dalam mengerjakan tugas bermain game pada permainan Gendut dan Jumpido. Hasil identifikasi kebutuhan dari tiga metode di atas akan digunakan dalam perancangan permainan. Perancangan dimulai dengan pembuatan storyboard, coding atau pengembangan permainan, perancangan permainan, dan diakhiri dengan pengujian usability menggunakan permainan yang telah dirancang. Permainan ini menggunakan sensor Leap Motion sebagai sensor motion gesture. Hasil perancangan memberikan 33 scene permainan yang diberi nama Eduactday dengan konten yang sesuai dengan kurikulum pelajaran bina diri usia 7-11 tahun anak tunagrahita ringan, yaitu belajar menggosok gigi, memotong kuku, membersihkan telinga, dan membersihkan kotoran sehabis buang air kecil.*

*Kata kunci: Anak tunagrahita ringan, Leap Motion, motion gesture, permainan edukasi, usability*

### 1. Pendahuluan

Anak tunagrahita ringan bersekolah di sekolah luar biasa bagian C atau disingkat menjadi SLB-C. Sistem pendidikan dan pengajarannya tentu akan sangat berbeda dengan sekolah pada umumnya. Anak tunagrahita ringan yang memiliki IQ 50-75 secara wajah tidak akan berbeda dengan anak normal, karena sebenarnya hanya kemampuannya saja yang terbatas, tetapi jika mendapat bimbingan yang tepat maka mereka akan dapat mandiri dan memberi penghasilan pada dirinya sendiri. Oleh karena itu, anak tunagrahita ringan memerlukan suatu pendidikan dan pelatihan khusus.

Menurut Mudjito dan Harizal (2012), setidaknya ada empat ranah pendidikan yang harus diberikan dalam proses belajar mengajar. Hal tersebut mencakup ranah kognitif untuk meningkatkan daya nalar anak; ranah psikomotorik dimana akan digali bakat dan keterampilan yang ada dalam diri anak, ranah *soft skill* yang berhubungan dengan *intrapersonality* dimana melatih anak untuk memperhatikan dirinya sendiri dan memperkenalkan hubungan



*interpersonality* antara anak dengan dunia sosialnya; dan yang terakhir ranah karakter yang merupakan kombinasi dari *hard skills* (kognitif-psikomotorik) dengan unsur *soft skills*.

Berhubungan dengan ranah pendidikan di atas, bina diri mengacu pada suatu kegiatan yang bersifat pribadi, tetapi memiliki dampak dan berkaitan dengan *human relationship*. Disebut pribadi karena mengandung pengertian bahwa keterampilan-keterampilan yang diajarkan atau dilatihkan menyangkut kebutuhan individu yang harus dilakukan sendiri tanpa dibantu oleh orang lain bila kondisinya memungkinkan. Beberapa istilah yang biasa digunakan untuk menggantikan istilah bina diri yaitu *self care*, *self help skill*, atau *personal management*.

Beberapa kegiatan rutin harian yang perlu diajarkan dalam bina diri meliputi kegiatan atau keterampilan mandi, makan, menggosok gigi, dan ke kamar kecil yang merupakan kegiatan yang sangat erat kaitannya dengan aspek kesehatan seseorang. Kegiatan atau keterampilan berpakaian dan merias diri (*grooming*) selain berkaitan dengan aspek kesehatan, juga berkaitan dengan aspek sosial budaya.

Proses pembelajaran bina diri sangat perlu dilakukan secara berulang-ulang, sehingga anak belajar mengenali yang ini benar dan yang seperti itu salah (*trial dan error*). Namun kenyataannya, terdapat keterbatasan fasilitas yang dimiliki oleh sekolah untuk melakukan kegiatan bina diri secara berulang-ulang. Misalnya ketika mengajarkan merawat diri dengan mandi, tidak semua siswa akan melakukan kegiatan ini, dan walaupun dilakukan, kegiatan ini tidak dilakukan berulang-ulang. Bagi anak tunagrahita, ketika berada di rumah, mereka biasanya lebih banyak tidak melakukan aktivitas keterampilan sehari-hari dibandingkan anak normal pada umumnya. Hal tersebut disebabkan mereka tidak melakukan aktivitas mandi dan berpakaian secara mandiri, tetapi banyak dibantu oleh orang tua. Keterbatasan yang dimiliki dalam kegiatan pembelajaran ini dapat dijumpai dengan penggunaan teknologi berupa permainan edukasi bina diri yang memanfaatkan teknologi *motion gesture*. Dengan sarana permainan tersebut, konten dari pelajaran bina diri dapat tersampaikan dengan baik ke anak tunagrahita dan juga gerak sensori motorik halus mereka dapat terekplorasi.

Menurut Nugroho dan Sulistyono (2011), permainan edukasi adalah semua jenis permainan yang bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang bersifat mendidik demi kepentingan peserta didiknya. Permainan edukasi yang menarik, interaktif, dan dapat mempermudah pemahaman materi akan meningkatkan minat belajar bagi anak tunagrahita. Sebagai penunjang untuk meningkatkan gerak motorik halus pada anak tunagrahita, teknologi *motion gesture* mampu mewartakan kebutuhan tersebut. *Kinect* dan *Leap Motion* adalah contoh teknologi perangkat permainan untuk memindai gerakan manusia yang diolah dalam fungsi suatu animasi atau permainan (Budiman et al., 2012). Di negara luar maupun di Indonesia, pemanfaatan teknologi *Kinect* dalam permainan edukasi untuk anak berkebutuhan khusus sudah mulai digunakan dan dikembangkan. Beberapa contohnya dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Permainan edukasi berbasis teknologi yang melatih keseimbangan motorik halus melalui gerakan atau kinestetik pada anak tunagrahita akan sangat berbeda dengan permainan edukasi untuk anak normal pada usianya. Perancangan permainan edukasi untuk anak-anak berkebutuhan khusus juga akan sangat berbeda, mengingat anak tunagrahita memiliki beberapa keterbatasan. Salah satu keterbatasan anak tunagrahita terkait dengan proses perancangan permainan adalah terbatasnya kemampuan dalam mengungkapkan secara lisan dan verbal mengenai kebergunaan atau kemampupakaian sebuah permainan.

Perancangan permainan berarti merancang interaksi dan membangun suatu permainan yang dapat digunakan (*usable*). Dapat digunakan artinya mudah untuk dipelajari, efektif digunakan, dan terasa nyaman bagi penggunanya. Dalam perancangan diperlukan evaluasi dan ide dari pengguna berdasarkan apa yang mereka rasakan dan alami. Juga perlu diketahui, diperhatikan, dan dipertimbangkan siapa yang menggunakan produk tersebut, bagaimana mereka menggunakannya, dan apa aktifitas mereka dalam menggunakan produk tersebut. Agar perancangan permainan tepat sasaran dan tepat pengguna (dalam hal ini anak tunagrahita ringan),



maka sangat perlu diperhatikan tahapan evaluasi dari perancangan permainan tersebut. Salah satu evaluasi yang perlu dilakukan adalah uji kemampupakaan (*usability*).



Gambar 1. Permainan Edukasi dengan Teknologi *Kinect* untuk Anak Autism di Sekolah Dasar Steuart W. Weller, Ashburn, Virginia, Amerika Serikat



Gambar 2. Permainan Edukasi Pengenalan Anggota Tubuh dan Pengenalan Angka Menggunakan Teknologi *Kinect* untuk Anak Tunagrahita  
(Sumber: Irsyadi dan Nugroho, 2015)

Kemampupakaan (*usability*) dari suatu permainan dilihat dari keberhasilan seseorang menggunakan produk tersebut untuk tujuan tertentu. Untuk menguji apakah suatu permainan mudah untuk digunakan, dapat dilakukan uji *usability*. Nielsen (1993) mendefinisikan *usability* sebagai atribut kualitas yang menilai seberapa mudah penggunaan suatu antar muka (*user interface*). Secara umum, *usability* merupakan tingkat kemudahan suatu produk untuk digunakan atau dipelajari, atau dengan kata lain, apakah produk tersebut *user-friendly*. Rubin dan Chisnell (2008) menjelaskan bahwa suatu produk dapat dikatakan *usable* apabila dalam menggunakannya tidak ditemukan rasa frustrasi. Terdapat beberapa ukuran umum yang dapat dijadikan patokan dalam mengukur *usability*, yaitu *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *errors*, dan *satisfaction* (Nielsen, 1993).

## 2. Metodologi

Perancangan permainan edukasi berbasis teknologi *motion gesture* untuk anak tunagrahita ringan dilakukan melalui beberapa tahapan. Pertama dilakukan wawancara dan observasi untuk mengidentifikasi kebutuhan anak tunagrahita ringan yang perlu diakomodasi dalam permainan edukasi. Selain itu dilakukan uji kemampupakaan (*usability testing*) terhadap dua permainan edukasi berbasis *motion gesture* yang telah ada di pasar untuk melihat kesulitan dan kebutuhan pengguna tunagrahita ringan. Selanjutnya, berdasarkan daftar kebutuhan yang diperoleh, dilakukan perancangan permainan edukasi, dan diakhiri dengan evaluasi serta perbaikan rancangan permainan tersebut.

### 2.1 Wawancara

Wawancara dilakukan terhadap beberapa guru dan orang tua dari anak tunagrahita ringan di Sekolah Skh. Sang Timur. Proses wawancara tersebut menghasilkan daftar kebutuhan anak tunagrahita ringan terhadap suatu permainan edukasi, seperti dapat dilihat pada Tabel 1. Di



samping itu, diperoleh pula kurikulum program bina diri untuk anak-anak usia 7-11 tahun di Sekolah Skh. Sang Timur (Tabel 2) yang dapat digunakan untuk merancang konten permainan.

Tabel 1. Daftar Kebutuhan Anak Tunagrahita Ringan dalam Perancangan Permainan Edukasi Berbasis *Motion Gesture* Berdasarkan Hasil Wawancara

Identifikasi Kebutuhan	Pernyataan
Kalimat penugasan yang disampaikan harus lambat dan jelas dan memakai Bahasa Indonesia	"kalau komunikasi saya usahakan tidak cepat"
	"pelan-pelan jika kita berbicara dengan mereka"
	"satu-satu dan pelan - pelan"
Sistem permainan membutuhkan reward	"senang mereka kalau dapat hadiah"
	"senang sekali kalau dapat pujian"
Permainan memiliki gambar yang menarik	"setiap pelajaran kami usahakan bergambar"
	"soal bergambar lebih mudah dipahami oleh anak didik"
Tampilan permainan memiliki huruf yang besar	"tulisan di papan tulis juga besar, tidak kecil-kecil"
	"singkat, besar, dan jelas"
Permainan interaktif dengan <i>motion gesture</i>	"anak butuh diajari gerak teratur "
	"gerak motorik harus dirangsang"
Permainan yang dilakukan sesuai dengan program bina diri yang dibutuhkan, seperti buang air kecil, gosok gigi, potong kuku, dan membersihkan telinga	"didahulukan aktifitas sesuai dengan silabus yang diajarkan saat ini, yaitu gosok gigi, potong kuku, dan membersihkan telinga"
	"anak saya harus bisa gosok gigi sendiri"
	"kuku kotor terkadang tidak mau dipotong"
	"anak saya harus bisa gosok gigi sebelum tidur"

Tabel 2. Kurikulum Program Bina Diri untuk Usia 7-11 tahun di Sekolah Skh. Sang Timur

Kurikulum Program Bina Diri Anak Usia 7-11	Indikator Kegiatan Pembelajaran
Menggosok gigi	Mampu menyebutkan peralatan menggosok gigi
	Mendemonstrasikan cara menggosok gigi
Memotong kuku	Mampu menyebutkan peralatan memotong kuku
	Mendemonstrasikan cara memotong kuku
Buang air kecil	Mampu menyebutkan perlengkapan yang dibutuhkan saat membersihkan kotoran sehabis buang air kecil
	Mendemonstrasikan cara membersihkan kotoran sehabis buang air kecil
Membersihkan telinga	Mampu menyebutkan perlengkapan yang dibutuhkan saat membersihkan telinga
	Mendemonstrasikan cara membersihkan telinga

## 2.2 Observasi

Observasi dilakukan secara langsung di Sekolah Skh. Sang Timur di salah satu kelas anak tunagrahita ringan. Melalui observasi tersebut, dihasilkan daftar kebutuhan yang dapat dilihat pada Tabel 3.

## 2.3 Usability Testing

*Usability testing* (uji kemampuan) dilakukan terhadap dua buah permainan edukasi Windows berbasis teknologi *motion gesture* yang menggunakan sensor *Kinect*, yaitu "Gendut Games" (belajar anggota tubuh dan angka) dan "Jumpido" (belajar matematika). Pengujian ini melibatkan lima anak tunagrahita ringan dengan usia 7-11 tahun. Gendut Games merupakan permainan mengenal anggota tubuh dan angka yang ditujukan khusus untuk anak tunagrahita ringan, sedangkan permainan Jumpido ditujukan untuk anak normal.

Anak penderita tunagrahita ringan sebanyak 5 orang diberikan beberapa tugas dengan waktu yang telah ditentukan dan diminta memberikan pendapat dengan bantuan kartu *smylometer*.



Keempat tugas yang harus diselesaikan ialah masuk ke dalam menu utama, memilih permainan, bermain *game*, dan kembali ke menu utama. Proses *usability testing* tersebut dapat dilihat pada Gambar 3. Melalui uji ini, dapat diperoleh informasi mengenai kesulitan yang dialami, kebutuhan yang perlu diakomodasi, dan pendapat dari anak tunagrahita ringan akan suatu permainan edukasi berbasis *motion gesture*.

Melalui wawancara, observasi, dan uji kemampuan yang dilakukan berdasarkan pendekatan yang berpusatkan pada pengguna (*user-centered design*), terdapat 23 kebutuhan yang telah teridentifikasi untuk sistem pembelajaran melalui permainan edukasi berbasis teknologi *motion gesture* (Tabel 4).

Tabel 3. Daftar Kebutuhan Anak Tunagrahita Ringan dalam Perancangan Permainan Edukasi Berbasis *Motion Gesture* Berdasarkan Observasi

Identifikasi Kebutuhan	Hasil Observasi
Sistem memberikan penghargaan atas keberhasilan	Responden lebih bersemangat ketika diberi pujian atau <i>reward</i>
Sistem menampilkan gambar yang menarik	Responden sangat memperhatikan jika pertanyaan atau tugas disertai dengan gambar
Sistem menyediakan tutorial ketika anak tidak dapat mengikuti kegiatan belajar	Guru di kelas akan membantu satu persatu responden untuk memahami pelajaran
Sistem permainan sekaligus edukasi	Responden senang bermain sambil belajar sehingga tidak membuat bosan
Sistem permainan yang tidak terlalu melelahkan, ada waktu istirahat	Responden memiliki dua kali waktu istirahat sepanjang dua jam kegiatan belajar mengajar
Sistem dimana membuat anak bergerak untuk fokus	Responden tunagrahita ringan memiliki keterbatasan gerak motorik sehingga sulit sekali fokus ketika mengerjakan sesuatu
Sistem permainan yang membuat anak tertarik	Responden akan memerikan respon ketika melihat sesuatu yang menarik
Sistem permainan dengan <i>single player</i>	Anak tunagrahita ringan sangat individualis



Responden memainkan Gendut Games



Responden dibantu dalam posisi sehingga sensor dapat membaca gerakan tubuh







Gambar 3. *Usability Testing* terhadap *Gender Games* dan Permainan *Jumpido* dengan Anak Tunagrahita Ringan Sebagai Pengguna

Tabel 4. Daftar Kebutuhan Anak Tunagrahita Ringan dalam Perancangan Permainan Edukasi Berbasis *Motion Gesture* Berdasarkan Tiga Metode Identifikasi

No	Identifikasi Kebutuhan		Referensi		
			Wawancara	Observasi	<i>Usability Testing</i>
1	Audio	Bahasa Indonesia	√	√	√
		Ritme diperlambat	√	√	√
		Instruksi tugas sederhana dan jelas	√	√	√
2	Tulisan	Bahasa Indonesia	√	√	√
		Ukuran font besar			√
		Ukuran warna kontras sehingga terlihat			√
3	<i>Interface</i>	Warna dan gambar visual yang jelas			√
		Navigasi dibuat sederhana dan di lokasi yang sama			√
		Satu jenis navigasi <i>hand tracking</i>			√
		Tombol menu diperbesar			√
		Jarak antara kotak diperlebar			√
		Tidak ada hirarki atau <i>level</i> permainan			√
4	Konten	Waktu bermain tidak terbatas			√
		Belajar menggosok gigi	√		
		Menjaga kebersihan kuku	√		
		Menjaga kebersihan telinga	√		
5	Interaksi	Membersihkan <i>toilet</i> sehabis buang air kecil	√		
		Sistem <i>reward</i>	√	√	
		Sistem <i>punishment</i> atau menunjukkan kesalahan	√	√	
		<i>Role play</i> atau demonstrasi	√	√	
		Gerakan motorik terarah	√	√	

## 2.4 Perancangan

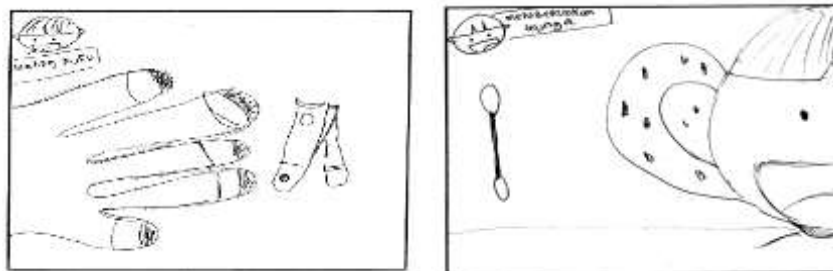
Perancangan permainan dilakukan dengan membuat *storyboard*, *designing*, dan *game coding*. Peneliti menggunakan *storyboard* sebagai gambaran tiap *scene* untuk memudahkan dalam



pembuatan *interface* dari permainan edukasi ini. Dalam perancangan *interface*, peneliti memperhatikan besarnya tulisan dan jarak antar kotak menu, sehingga memudahkan pengguna. Selain itu, di setiap *scene* terdapat audio yang dapat membantu pengguna. Beberapa rancangan *storyboard* yang dibuat dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.



Gambar 4. Scene Menu Utama dan Scene Menggosok Gigi



Gambar 5. Scene Memotong Kuku dan Scene Membersihkan Telinga

### 3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan permainan edukasi bagi anak tunagrahita ringan ini menggunakan sensor *Leap Motion*, karena rancangan permainan yang dibuat berkonsentrasi pada area tangan atau *hand tracking*, dan bukan keseluruhan gerak tubuh. Perancangan permainan ini memerlukan beberapa elemen, yaitu gambar, audio, interaksi *hand tracking grabbing-release*, dan disatukan menggunakan *coding scripts* dalam *search engine gameplay*.

Permainan ini dinamakan *Eduactday* yang diartikan permainan edukasi tentang kegiatan sehari-hari. Pada tampilan menu awal, desain yang dihasilkan berupa gambar seorang anak laki-laki yang memegang kertas dengan tulisan Hallo dan memiliki latar belakang cuaca cerah seperti pagi hari dan sang anak siap untuk bermain. Pada tampilan awal ini juga disebutkan bahwa permainan ini dapat dimainkan dengan sebuah alat *motion gesture controller* berupa *Leap Motion*. Tampilan yang kedua dari permainan *Eduactday* adalah cara bermain. *Scene* ini memiliki audio yang akan memberikan instruksi agar pemain memindahkan kotak merah dan kotak biru ke piring di bawahnya dengan gerakan tangan *grabbing* dan *release*. Adapun tampilan menu awal dan cara bermain dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Tampilan Menu Awal dan Cara Bermain Permainan Eduactday

Menu pilihan permainan terdiri dari empat buah menu sesuai dengan silabus pelajaran program bina diri di Sekolah Skh. Sang Timur, yaitu menggosok gigi, memotong kuku, membersihkan telinga, dan membersihkan kotoran sehabis buang air kecil (Gambar 7). Sistem permainan ini tidak memiliki hirarki atau *level*, tetapi menjadi *single play*.

Setiap konten yang ada dalam permainan Eduactday ini disesuaikan dengan silabus yang ada dalam program bina diri Sekolah Skh. Sang Timur, sehingga secara keseluruhan memiliki pola yang sama, yaitu dimulai dengan pemain akan diminta mengambil beberapa barang dan menaruhnya di dalam keranjang yang disediakan sesuai dengan judul permainan. Kemudian pemain akan diminta *role play* sesuai dengan judul permainannya. Adapun tampilan permainan mengambil-menaruh barang dan *role play* dapat dilihat pada Gambar 8.

Sistem *reward* dalam permainan mengambil dan menaruh barang dalam keranjang adalah dengan memberikan tiga buah gambar bintang disertai dengan audio benar. Navigasi yang ada dalam *scene* ini hanya “lanjut”, artinya melanjutkan ke permainan berikutnya. Sistem *reward role play* adalah dengan memberikan empat buah gambar disertai audio “benar, baik sekali”. *Reward* tersebut diberikan jika pemain menyelesaikan dengan baik *role play* atau demonstrasi dari instruksi permainan tersebut. Tampilan sistem *reward* dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 7. Tampilan Menu Pilihan Permainan Eduactday



Gambar 8. Tampilan Permainan Mengambil-Menaruh Barang dan Permainan *Role Play* Menggosok Gigi



Gambar 9. Tampilan Reward

Evaluasi hasil perancangan permainan ini dilakukan menggunakan metode *usability testing*. Di samping itu, tampilan dan konten dari permainan akan di-*review* oleh lima orang guru yang melihat *usability testing* terhadap permainan ini secara keseluruhan. Hasil evaluasi untuk tampilan permainan direkapitulasi pada Tabel 5.

#### 4. Kesimpulan

Dalam penelitian ini, hasil perancangan permainan edukasi berbasis teknologi *motion gesture* (Eduactday) mengakomodasi 23 kebutuhan pengguna yang telah disesuaikan dengan karakteristik anak tunagrahita ringan di Skh. Sang Timur. Hasil evaluasi dan usulan perbaikan dari rancangan permainan Eduactday dapat digunakan lebih lanjut dalam merancang permainan edukasi yang lebih baik bagi anak tunagrahita ringan.

Tabel 5. Usulan Perbaikan Permainan *Eduactday*

No	Topik Wawancara	Usulan Perbaikan	
1	Audio	Bahasa Indonesia	Sesuai
		Ritme diperlambat	Permainan buang air kecil ritme penugasan dirasakan sangat cepat
		Instruksi tugas sederhana dan jelas	Instruksi dalam <i>role play</i> permainan buang air kecil sulit
2	Tulisan	Bahasa Indonesia	Sesuai
		Ukuran font besar	Sesuai
		Ukuran warna kontras sehingga terlihat	Sesuai
3	Interface	Warna dan gambar visual yang jelas	Sesuai
		Navigasi dibuat sederhana dan di lokasi yang sama	Sesuai
		Satu jenis navigasi <i>hand tracking</i>	Saran untuk permainan potong kuku disesuaikan dengan sebenarnya, yaitu menjepit dan tidak menggenggam
		Tombol menu diperbesar	Sesuai
		Jarak antara kotak diperlebar	Sesuai
		Tidak ada hirarki atau <i>level</i> permainan	Sesuai
		Jarak antara kotak diperlebar	Dalam permainan memasukkan ke keranjang, antara gambar satu dengan lainnya sangat berdekatan sehingga menyulitkan
		Tidak ada hirarki atau <i>level</i> permainan	Sesuai
Waktu bermain tidak terbatas	Sesuai		



4	Konten	Belajar menggosok gigi	Saran penambahan gerakan seperti menggosok gigi yang benar
		Menjaga kebersihan kuku	Sesuai
		Menjaga kebersihan telinga	Sesuai
		Membersihkan <i>toilet</i> sehabis buang air kecil	Saran untuk lebih diperjelas tahapan membersihkan <i>toilet</i>
5	Interaksi	Sistem <i>reward</i>	Dibuat lebih meriah
		Sistem <i>punishment</i> atau menunjukkan kesalahan	Sesuai
		<i>Role play</i> atau demonstrasi	Sesuai
		Gerakan motorik terarah	Sesuai

### Daftar Pustaka

- Amin, M. (1995). *Orthopedagogik Tunagrahita*. Jakarta : Depdikbud
- Budiman, R. K., Imam, S., dan Dwi (2012). Integrasi *Kinect* dan *Unreal Development Kid* Menggunakan Kerangka Kerja OpenNI pada Studi Kasus *Game* Berbasis Interaksi Gerakan. *Jurnal Teknik ITS*, Vol.1, No. 1.
- Irsyadi, F., dan Nugroho, Y. S. (2015). *Game* Edukasi Pengenalan Anggota Tubuh dan Pengenalan Angka untuk Anak Berkebutuhan Khusus (ABK) Tunagrahita Berbasis *Kinect*. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Lakoro, R. (2009). Mempertimbangkan Peran Permainan Edukasi dalam Pendidikan di Indonesia. *Kumpulan Artikel Mahasiswa Pendidikan Teknik Informatika ITS*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Mudjito, A.K., dan Harizal (2012). *Pendidikan Inklusi*. Jakarta: Baduose Media.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. London: Academic Press.
- Nugroho, Y., dan Sulistyono (2011). Perkembangan Pengetahuan Anak Usia Dini Melalui Permainan Komputer Edukatif (Studi Kasus TK Aisyiyah 3 Salatiga). *KomuniTi* (online). Vol. 3, No. 1.
- Rubin, J., dan Chisnell, D. (2008). *Handbook of Usability: How to Plan, Design, and Conduct Effective Test*. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing, Inc.



## Usulan Perbaikan Fasilitas Bermain *Outdoor* Anak-Anak Dengan Metode *Besafe* (Studi Kasus : TK. Islam Silmi Samarinda)

**Hana Bela Sundjaya, Farida Djumiati Sitania, Lina Dianati Fathimahhayati**  
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Mulawarman  
Jalan Sambaliung No. 9, Kampus Gunung Kelua, Samarinda, Kalimantan Timur  
\*E-mail: sundjaya57@gmail.com, linadianatif@gmail.com

### Intisari

*TK. Islam Silmi merupakan salah satu sekolah di Kota Samarinda yang memberikan pendidikan untuk anak usia dini, yang berumur sekitar 4-6 tahun. TK Islam Silmi memiliki taman bermain dengan beberapa jenis fasilitas bermain outdoor yang bisa digunakan oleh anak-anak. Fasilitas bermain itu antara lain adalah ayunan, jembatan lingkar, seluncuran dan jembatan gantung. Fasilitas bermain yang baik harus dirancang dengan aman sehingga tidak menimbulkan potensi bahaya bagi anak-anak. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk mengevaluasi fasilitas bermain yang ada. Evaluasi fasilitas bermain dilakukan dengan menggunakan metode Besafe. Langkah-langkah yang dilakukan dalam metode Besafe yaitu, audit lingkungan, analisis produk, analisis pengguna, audit perilaku, audit ergonomi, faktor-faktor kritis organisasi, kegagalan laten dalam sistem, action plan, dan perancangan perbaikan fasilitas bermain. Teknik pengumpulan data dalam penelitian ini adalah observasi, kuesioner dan wawancara pada guru-guru TK Islam Silmi Samarinda serta beberapa siswa. Berdasarkan hasil penelitian, permainan jembatan lingkar dan jembatan gantung merupakan permainan yang memiliki presentase tidak aman yang paling tinggi dibandingkan dengan permainan lainnya. Perbaikan yang dilakukan pada jembatan lingkar adalah mengubah tinggi jembatan lingkar dari 107 cm menjadi 129 cm, tinggi pegangan tangga lingkar dari 50 cm menjadi 57 cm dan jarak antara tangga besi dari 30 cm menjadi 21 cm. Sedangkan untuk jembatan gantung dilakukan perbaikan pada tinggi jembatan gantung bagian depan dan samping dari 167 cm menjadi 215 cm dan tinggi papan jembatan dari 43 cm menjadi 24 cm.*

*Kata Kunci: Fasilitas Bermain Outdoor, Metode Besafe, Taman Kanak-kanak*

### 1. Pendahuluan

Alat belajar dan bermain di taman kanak-kanak merupakan salah satu fasilitas dan sarana yang perlu mendapat perhatian, karena dapat memberikan manfaat dalam aktivitas belajar dan bermain anak-anak. Salah satu fasilitas yang sangat menunjang untuk tumbuh kembang anak adalah alat bermain. Luluk Asmawati (2011) berpendapat melalui fasilitas bermain terlihat adanya suatu interaksi yang berkesinambungan antara manusia dan lingkungannya. Melalui pendekatan bermain, anak-anak dapat mengembangkan aspek psikis dan fisik. Pengembangan aspek psikis dan fisik dapat ditunjang dengan fasilitas bermain *outdoor*. Baskara (2011) berpendapat anak-anak mempunyai karakteristik bermain yang berbeda untuk setiap kelompok umurnya dimana perkembangan pertumbuhan sangat dipengaruhi pemilihan jenis permainan.

Telah ada penelitian mengenai evaluasi fasilitas bermain di Taman Kanak-Kanak, Nofrizal dan Zul Infi (2011) melakukan penelitian mengenai perancangan alat bermain yang ergonomis di Taman Kanak-Kanak Islam Permata Selat Panjang. Fasilitas bermain *outdoor* yang diteliti antara





lain: panjat globe, panjatan setengah lingkaran, dan ayunan. Dari semua fasilitas bermain tersebut akan direkomendasikan rancangan yang ergonomis. Peneliti tidak menggunakan metode lain selain metode ergonomi, dan hanya memfokuskan pada desain peralatan saja.

TK Islam Silmi berada di Jalan Wahid Hasyim Gang Persik No. 1 RT. 07 Sempaja-Samarinda (Kalimantan Timur). Sekolah ini memiliki fasilitas bermain antara lain adalah jembatan gantung, ayunan, seluncuran, dan jembatan lingkaran. Fasilitas bermain yang baik harus dirancangan dengan aman dan nyaman sehingga tidak menimbulkan potensi bahaya bagi anak-anak.

Berdasarkan permasalahan tersebut maka dilakukan evaluasi fasilitas bermain dengan menggunakan metode *Besafe (Behavioral Safety)*. Metode *Besafe* akan mengidentifikasi secara menyeluruh pada area *playground* mulai dari menjelaskan kondisi lingkungan, penjelasan pemakaian fasilitas, dan mengidentifikasi kegagalan laten serta memberikan usulan fasilitas bermain sehingga dapat dilakukan pencegahan maupun pengurangan kecelakaan dan meningkatkan keamanan produk. Metode ini merupakan metode satu-satunya yang digunakan untuk mengidentifikasi secara keseluruhan pada area *playground*.

## 2. Metode Penelitian

Jenis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan sekunder. Adapun data primer yang diambil yaitu:

1. Pengumpulan data dengan cara mengamati secara langsung perilaku anak sewaktu anak menggunakan fasilitas bermain *outdoor* seperti jembatan gantung, ayunan, seluncuran dan jembatan lingkaran.
2. Pengumpulan data dengan cara membagikan kuesioner dan wawancara terhadap 30 orang guru dan murid TK dengan jumlah 66 anak.
3. Pengumpulan data dengan pengukuran dimensi fasilitas bermain *outdoor* menggunakan alat ukur meteran. Data yang didapat dari pengukuran ini nantinya untuk mengevaluasi tingkat keergonomisan fasilitas bermain dengan membandingkan ukuran fasilitas dan dimensi tubuh anak.

Adapun data skunder yang diperoleh dari penelitian pustaka, dengan cara mempelajari teori-teori dan informasi yang erat hubungannya dengan penelitian yang sedang dilaksanakan.

Analisis dilakukan dengan menggunakan metode *Besafe*, faktor-faktor yang akan dianalisis sebagai berikut:

### 1. Audit lingkungan

Analisis kondisi terhadap lingkungan tempat fasilitas bermain *outdoor* TK Islam Silmi didapatkan berdasarkan hasil observasi, wawancara, dan kuesioner. Audit lingkungan dilihat dari aspek lokasi dan tata letak (*layout*) fasilitas bermain.

### 2. Analisis produk

Analisis kondisi fasilitas bermain *outdoor* seperti jembatan gantung, ayunan, seluncuran dan jembatan lingkaran.

### 3. Analisis pengguna

Analisis karakteristik pengguna, misalnya usia anak biasa menggunakan produk. Fasilitas bermain harus bisa digunakan oleh sebagian besar.

### 4. Audit perilaku

Audit perilaku berisi tentang peraturan dan kebijakan dari TK Islam Silmi terkait dengan fasilitas bermain, serta mengevaluasi perilaku anak dalam penggunaan fasilitas bermain *outdoor*.

### 5. Audit ergonomi

Audit ergonomi dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik desain yang dapat mengakibatkan kekeliruan manusia ketika produk itu dipakai dengan cara yang dikehendaki (Benedyk dan Minister, 1995). Hasil audit ergonomi ini adalah:

- a. Evaluasi kesesuaian ukuran fasilitas bermain dengan dimensi tubuh anak,



Audit dilakukan untuk mengetahui apakah ukuran fasilitas bermain saat ini sudah sesuai dimensi tubuh anak. Dimensi tubuh anak didapatkan dari hasil penelitian yang pernah ada sebelumnya mengenai evaluasi data antropometri anak-anak usia 4-6 tahun (Herawati dan Pawitra, 2013).

- b. Identifikasi kesalahan potensial.  
Mengidentifikasi kesalahan potensial yang terdiri atas potensi bahaya rendah dan tinggi. Bahaya tinggi nantinya akan dicari penyebabnya.

**6. Faktor-faktor kritis organisasi**

Dengan menganalisis hasil audit perilaku dan penyebab *error* potensial.

**7. Kegagalan laten didalam sistem**

Dilakukan untuk melakukan rencana perbaikan.

**8. Action plan**

Melakukan perencanaan baik jangka pendek maupun untuk jangka panjang dalam rangka perbaikan fasilitas bermain sehingga dapat mengurangi resiko timbulnya kecelakaan yang lebih fatal.

**9. Perancangan perbaikan fasilitas bermain**

Usulan rancangan perbaikan fasilitas bermain dibuat berdasarkan dari pengumpulan data dan analisis sebelumnya.

**3. Hasil dan Pembahasan**

Esensi dasar dari evaluasi ergonomi dalam proses perancangan desain adalah sedini mungkin mencoba memikirkan kepentingan manusia agar bisa terakomodasi dalam setiap kreativitas dan inovasi sebuah '*man made object*' (Wignjosoebroto, 2008). Fokus perhatian dari sebuah kajian ergonomis akan mengarah ke upaya pencapaian sebuah perancangan desain suatu produk yang memenuhi persyaratan '*fitting the task to the man*' (Granjean, 1982), sehingga setiap rancangan desain harus selalu memikirkan kepentingan manusia, yakni perihal keselamatan, kesehatan, keamanan maupun kenyamanan (Wignjosoebroto, 2008).

**3.1. Audit Lingkungan**

Audit lingkungan dilihat dari aspek lokasi dan tata letak (*layout*) fasilitas bermain. Adapun aspek yang diamati adalah sebagai berikut:

**A. Lokasi**

Deskripsi awal dari area bermain akan membahas tentang bagaimana lokasi dan lingkungan area bermain saat ini, cara pemakaian fasilitas bermain dan siapa saja pengguna fasilitas bermain tersebut. Hal ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana keadaan awal area bermain saat ini.



Gambar 1. Area Bermain *Outdoor* di TK Islam Silmi Samarinda

TK Islam Silmi yang berlokasi di Jl. KH. Wahid Hasyim Gang Persik No. 01 Sempaja. TK ini memiliki fasilitas bermain *outdoor* yang area bermainnya menggunakan dasar semen dan fasilitas didominasi oleh bahan baku yang terbuat dari besi. Gambar 1 merupakan





gambaran lingkungan TK Islam Silmi. Penempatan lokasi fasilitas bermain sangatlah penting agar kegiatan bermain anak tidak terganggu. Adapun aspek yang perlu diperhatikan dalam perancangan lokasi antara lain keselamatan, kesehatan, kenyamanan, kemudahan dan keamanan.

1. Aspek keselamatan
  - a. Lokasi area bermain sudah berada ditempat yang jauh dari jalan kota yang padat, dengan jarak 100 meter dari jalan kota. Hal ini akan meminimalisir bahaya atau gangguan dari luar area taman bermain TK Islam Silmi.
  - b. Lingkungan TK Islam Silmi dikelilingi oleh pagar besi yang memiliki tinggi 120 cm sehingga tidak dapat dengan mudah dipanjat anak-anak dan juga berguna untuk mencegah anak keluar saat bermain di lingkungan sekolah.
2. Aspek kesehatan
  - a. Area bermain tidak terdapat adanya gangguan kesehatan yang tinggi terutama dari polusi udara, bunyi maupun bau yang dapat mempengaruhi aktivitas bermain anak. Hal ini dikarenakan jauh dari jalan kota.
  - b. Tempat sampah selalu ada di setiap sudut area kelas dan area bermain.
3. Aspek kenyamanan
  - a. Jauh dari kebisingan kendaraan atau bunyi lain sehingga suasana di area TK sangat nyaman,
  - b. Pada area bermain memiliki pepohonan yang rindang sehingga anak-anak puas bermain pada saat siang hari,
4. Aspek kemudahan
  - a. Papan nama TK Islam Silmi berada di gerbang masuk gang dan juga berada di depan TK Islam Silmi, yang memudahkan orang tua atau pengantar menemukan TK Islam Silmi,
  - b. Memiliki akses masuk yang mudah menuju ke TK Islam Silmi, dapat di lalui dua mobil,
5. Aspek keamanan
  - a. Area bermain sudah dikelilingi pagar yang tinggi sehingga anak-anak tidak dapat bermain di luar dari sekolah,
  - b. Terdapat penjaga keamanan dan *cctv* yang selalu mengawasi anak-anak terhadap orang asing yang masuk ke wilayah TK.

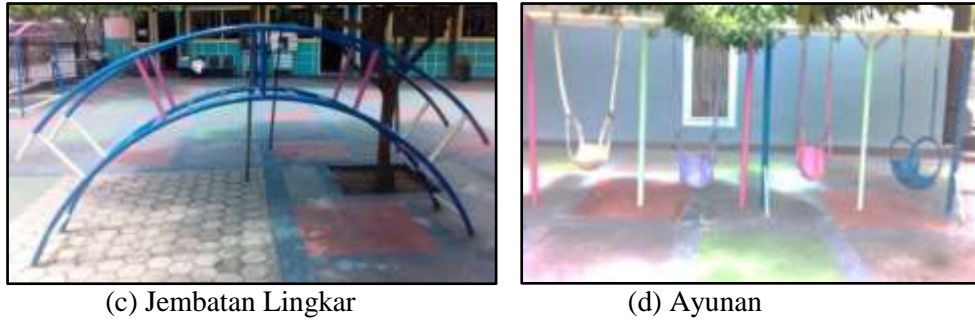


(a) Seluncuran



(b) Jembatan Gantung





Gambar 2. Fasilitas Bermain di TK Islam Silmi Samarinda

### B. Tata Letak (*Layout*)

Tata letak fasilitas bermain anak dan fasilitas pendukung lainnya sangatlah penting yang berguna bagi keamanan dan kenyamanan anak-anak. Adapun aspek yang perlu diperhatikan dalam tata letak adalah sebagai berikut:

#### 1. Aspek keselamatan

Tata letak fasilitas bermain memiliki jarak yang cukup antara fasilitas bermain dengan fasilitas bermain yang lainnya agar pergerakan anak saat bermain tidak terganggu. Tata letak dan jarak antar fasilitas bermain seperti jembatan gantung, jembatan lingkar, seluncuran dan ayunan adalah ;

- Jembatan gantung : jarak jembatan gantung ke seluncuran berjarak 180 cm.
- Jembatan lingkar : jarak jembatan lingkar ke ayunan berjarak 115 cm.
- Seluncuran : jarak seluncuran ke jembatan lingkar berjarak 210 cm.
- Ayunan : jarak ayunan ke jembatan gantung berjarak 387 cm

Terlihat bahwa antara fasilitas bermain di TK Islam Silmi memiliki jarak yang lebih dari 100 cm. Artinya jarak tersebut bila dibandingkan dengan rata-rata lebar bahu anak Indonesia yang hanya 40 cm (Herawati & Pawitra, 2013). Jarak tersebut sudah cukup aman untuk dilalui 2 orang anak sehingga tidak mengganggu pergerakan anak.

#### 2. Aspek kenyamanan

- Tata letak bermain memungkinkan anak berpindah tempat dari satu area bermain ke area bermain lainnya dengan nyaman.
- Lapangan bermain anak-anak memiliki banyak pohon-pohon yang membuat tempat bermain teduh sehingga anak bermain sangat nyaman terhindar dari sinar matahari langsung.

#### 3. Aspek kemudahan

- Tidak ada petunjuk aturan penggunaan yang baik pada alat bermain,
- Tidak ada poster penghimbau kepada guru yang mengawasi.

#### 4. Aspek keamanan

- Ruang UKS yang berjarak 16 m tidak terlalu jauh dari fasilitas bermain, sehingga memudahkan pertolongan pertama jika terjadi kecelakaan pada saat bermain,
- Area bermain yang terbuka yang dikelilingi oleh ruang kantor dan ruang kelas memudahkan guru mengawasi dari jauh.

Secara keseluruhan, audit lingkungan yang dilihat dari aspek lokasi dan tata letak (*layout*) sudah baik, hanya saja tidak ada petunjuk aturan penggunaan yang baik pada alat bermain dan tidak ada poster penghimbau untuk guru agar selalu mengawasi. Adapun *Layout* TK Islam Silmi secara keseluruhan dapat dilihat pada Gambar 3.





Gambar 3. Layout TK Islam Silmi

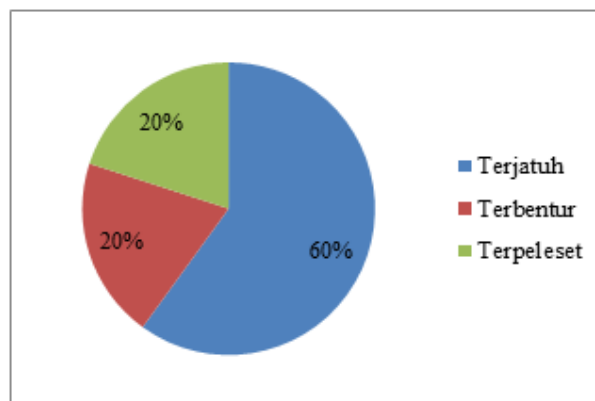
### 3.2. Analisis Produk (*Product Analysis*)

Analisis produk berisikan tentang kondisi dan cara menggunakan fasilitas bermain (Benedyk dan Minister, 1995).

#### A. Fasilitas Bermain

Adapun aspek yang perlu diperhatikan dalam fasilitas bermain hanya pada 2 fasilitas bermain yang memiliki resiko bahaya yang tinggi. Berdasarkan hasil penelitian, sebanyak 80% guru menyatakan bahwa jembatan lingkar adalah fasilitas bermain yang sering menimbulkan kecelakaan, dikarenakan jembatan lingkar memiliki jarak anak tangga yang cukup jauh. Sebanyak 20% guru menyatakan bahwa jembatan gantung adalah fasilitas bermain yang sering menimbulkan kecelakaan, dikarenakan pada jembatan gantung banyak tali jembatan yang lepas dari papan jembatan. Sedangkan untuk jenis kecelakaan yang sering terjadi dapat dilihat pada Gambar 4. Kecelakaan terparah pernah terjadi pada anak yang sedang bermain jembatan lingkar dikarenakan terjatuh dari jembatan lingkar yang menyebabkan robek pada pelipis mata. Terbentur dan terpeleset juga kadang dialami oleh anak dikarenakan anak bermain tidak sesuai aturan dan fasilitas bermain yang kurang aman.

Berdasarkan hasil tersebut, menunjukkan bahwa jembatan lingkar dan jembatan gantung merupakan fasilitas bermain *outdoor* yang paling tidak aman, sehingga akan dilakukan usulan rancangan perbaikan untuk kedua fasilitas bermain tersebut.



Gambar 4. Jenis Kecelakaan yang Sering Terjadi

1. Keselamatan

- a. Pada alat bermain jembatan gantung memiliki tali-tali kawat dan rantai di samping kanan dan kiri jembatan yang dimana pada tali-tali kawat dan rantai tersebut seharusnya dilapisi oleh selang agar tidak terjadi cedera pada telapak tangan, dan pengaitan tali-tali kawat yang rapi. Adapun jembatan gantung di TK Islam Silmi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Kawat pada Jembatan Gantung

Gambar 5 menunjukkan bahwa tidak adanya lapisan luar pada tali-tali kawat dan rantai, hal yang harus digunakan adalah selang plastik untuk mengurangi cedera pada tangan anak.

- b. Pada fasilitas bermain jembatan lingkar harus menambah besi yang berada di sebelah kanan dan kiri dan besi pada setiap tangga yang dilewati, karena selama ini jembatan lingkar memiliki jarak besi satu ke besi lainnya adalah berjarak 30 cm, dan untuk pagarnya berjarak 50 cm. Jembatan lingkar dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan tidak adanya bantalan di bawah jembatan lingkar tersebut dan jarak jembatan serta pagar yang terlalu jauh dapat menimbulkan kecelakaan pada anak-anak.

2. Kenyamanan

- a. Berdasarkan hasil pengolahan data desain fasilitas bermain *outdoor* seperti jembatan gantung, jembatan lingkar, seluncuran dan ayunan, sebanyak 57% menyatakan bahwa fasilitas tersebut belum aman dan nyaman bagi anak-anak.
- b. Setiap komponen fasilitas bermain diperiksa dan dipelihara setiap bulan.

3. Kesehatan

Cat pada setiap fasilitas bermain dalam kondisi baik, tidak ada cat yang mengelupas. Sehingga tidak ada serpihan cat yang menempel pada bagian tubuh anak.





Gambar 6. Jembatan lingkaran

### B. Analisis Pemakaian Fasilitas Bermain

Dengan adanya penjelasan cara pemakaian fasilitas bermain yang benar diharapkan dapat mengurangi resiko terjadinya kecelakaan. Berikut adalah penjelasan tentang cara pemakaian 4 fasilitas bermain (jembatan gantung, jembatan lingkaran, ayunan dan seluncuran) yang ada di TK Islam Silmi.

#### a. Jembatan gantung

Permainan ini berbentuk panjang dengan menggunakan papan yang panjang dan tali-tali sebagai pengaitnya, jembatan gantung ini terbuat dari kayu dan tali-talinya dari kawat lentur. Cara memainkannya adalah dengan cara berjalan diatas papan yang panjang dan memegang tali-tali yang berada di kanan dan kiri papan.

#### b. Jembatan lingkaran

Jembatan lingkaran ini terbuat dari besi yang dibentuk menyerupai setengah lingkaran, jembatan lingkaran memiliki tangga-tangga dari besi. Cara memainkan jembatan lingkaran yaitu dengan menaiki tangga-tangga yang terbuat dari besi hingga ke puncak jembatan lingkaran.

#### c. Ayunan

Ayunan ini terbuat dari bahan karet yang diperoleh dari barang bekas ban mobil yang dibentuk menjadi dudukan, tali ayunan digunakan tali tambang dengan dilapisi selang. Cara memainkan ayunan ini yaitu dengan menggoyangkan ayunan kedepan dan kebelakang atau meminta bantuan orang lain untuk mengayunkannya.

#### d. Seluncuran

Seluncuran ini terbuat dari plastik *fiber* yang menjadi seluncurnya, sedangkan tangganya menggunakan besi. Cara memainkan seluncuran yaitu anak-anak naik melalui anak tangga seluncuran berbentuk pijakan kaki dengan berpegang pada tiang luncuran, duduk pada bagian pangkal luncuran dan meluncur ke bawah. Anak-anak juga harus berpindah secepatnya setelah meluncur agar teman yang lain juga dapat meluncur.

### C. Karakteristik Pemakaian

Fasilitas bermain yang tersedia di TK Islam Silmi saat ini seharusnya digunakan untuk anak-anak usia 4-6 tahun, namun seringkali orang dewasa juga ikut menggunakan fasilitas bermain seperti ayunan. Hal ini dapat membuat fasilitas menjadi cepat rusak.

### D. Aturan Pemakaian Fasilitas Bermain

Seringkali anak pada usia 4-6 tahun sangat aktif dan memiliki daya imajinasi yang sangat luar biasa. Oleh karena itu, seringkali anak-anak tidak menyadari bahwa perilaku yang





mereka lakukan berpotensi bahaya bagi diri mereka sendiri sehingga lebih baik dibuat aturan pemakaian fasilitas bermain untuk mengurangi potensi bahaya apabila terjadi kecelakaan.. Penjelasan dibawah ini adalah aturan pemakaian fasilitas bermain secara keseluruhan.

1. Jembatan gantung : tidak diayunkan, tidak duduk di papan jembatan, tidak gantungan pada tali jembatan, tidak naik melebihi kapasitas.
2. Jembatan lingkar : tidak mendorong teman pada saat naik, tidak seluncuran dibesi yang digunakan untuk memegang, tidak digunakan untuk bergelantung, berpegangan pada saat menaikin jembatan lingkar di dua sisi kanan dan kiri.



Gambar 7. Pelanggaran anak bermain (a) jembatan gantung (b) jembatan lingkar

### 3.3. Analisis Pengguna

Analisis pengguna bertujuan untuk mengetahui karakteristik dari pemakai produk (Benedyk dan Minister, 1995). Seperti kesesuaian pengguna dengan produk yang digunakan. Analisis ditujukan kepada anak TK Islam Silmi yang mempunyai rentang umur 4-6 tahun untuk mengetahui kesesuaian fasilitas bermain terhadap umur anak. Berdasarkan pengolahan data wawancara dan kuesioner yang telah didapatkan hasil bahwa fasilitas bermain sudah sesuai dengan umur anak. Adapun penjabaran hasil wawancara dan kuesioner sebagai berikut:

1. Berdasarkan perhitungan pada pengolahan data yang dilakukan didapatkan hasil sebanyak 87% guru menyatakan bahwa fasilitas bermain anak-anak sudah sesuai dengan umur anak.
2. Berdasarkan perhitungan pada pengolahan data yang dilakukan didapatkan hasil sebanyak 73% guru menyatakan bahwa fasilitas bermain belum memenuhi persyaratan keamanan dan ukuran tubuh manusia.

### 3.4. Analisis Audit Perilaku

Audit perilaku digunakan untuk mengidentifikasi semua faktor yang mendorong terjadinya pelanggaran (Benedyk dan Minister, 1995). Berdasarkan pengolahan data mengenai peraturan dan kebijakan fasilitas bermain serta perilaku anak yang dilakukan dengan observasi, wawancara dan kuesioner didapatkan hasil sebagai berikut:

1. Peraturan dan kebijakan

Berdasarkan hasil wawancara kepada kepala sekolah dan guru, ada beberapa peraturan dan kebijakan yang dibuat oleh pihak sekolah yang harus dipatuhi dan dilakukan anak-anak agar tidak terjadi kecelakaan pada saat menggunakan fasilitas bermain, yaitu: tidak boleh berjalan di papan seluncuran, tidak boleh mendorong teman dari atas seluncuran, tidak boleh duduk di jembatan gantung, tidak boleh mengayunkan jembatan gantung dengan kencang, tidak boleh berseluncur di pagar jembatan lingkar, tidak boleh bergelantung di jembatan lingkar, tidak boleh berdiri di ayunan, tidak boleh menaiki ayunan lebih dari satu orang.

2. Evaluasi perilaku

Observasi dilakukan untuk mengevaluasi perilaku anak-anak dalam bermain. Berdasarkan Gambar 7 (b) dapat dilihat bahwa posisi dari anak saat menggunakan jembatan



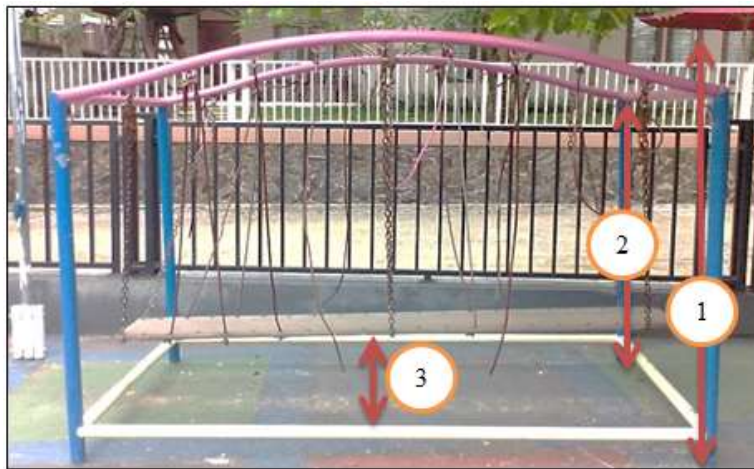
lingkar tidak sesuai dengan aturan yang benar, aturan yang benar adalah anak harus melewati atau menapaki tangga lingkaran satu demi satu dengan memegang *handel* tangga yang berada di sebelah kanan dan kiri dengan hati-hati.

### 3.5. Audit Ergonomi (*Ergonomic Audit*)

Audit ergonomi dilakukan untuk mengidentifikasi karakteristik desain yang dapat mengakibatkan kekeliruan manusia ketika produk itu dipakai dengan cara yang dikehendaki (Benedyk dan Minister, 1995).

#### A. Audit Kesesuaian Ukuran Fasilitas Bermain dengan Dimensi Tubuh Anak

Audit hanya dilakukan pada fasilitas bermain jembatan gantung dan jembatan lingkaran. Jembatan gantung dan jembatan lingkaran memiliki tingkat presentase kecelakaan yang tertinggi. Berdasarkan hal tersebut, maka dilakukan pengukuran kesesuaian terhadap fasilitas bermain jembatan gantung dan jembatan lingkaran. Gambar 7 menunjukkan bagian-bagian fasilitas bermain jembatan gantung.



Gambar 9. Bagian-bagian Jembatan Gantung

Adapun perhitungan dimensi fasilitas bermain jembatan gantung untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

1. Tinggi jembatan gantung pada sisi depan (TJGSD)

Dimensi yang digunakan adalah tinggi kepalan tangan ke atas dalam posisi berdiri tegak dan persentil yang digunakan yaitu 95% laki-laki. Adapun perhitungan lebih lengkapnya adalah sebagai berikut:

$$TJGSD = (\bar{X} + (1,645 \times SD)) = (129,76 + (1,645 \times 13,75)) = 215,39 \text{ cm} = 215 \text{ cm}$$

2. Tinggi jembatan gantung pada sisi samping (TJGSS)

Dimensi yang digunakan adalah tinggi kepalan tangan ke atas dalam posisi berdiri tegak dan persentil yang digunakan yaitu 95% laki-laki. Adapun perhitungan lebih lengkapnya adalah sebagai berikut:

$$TJGSS = (\bar{X} + (1,645 \times SD)) = (129,76 + (1,645 \times 13,75)) = 215,39 \text{ cm} = 215 \text{ cm}$$

3. Tinggi papan ayunan (TPA)

Dimensi tubuh anak yang digunakan adalah tinggi lutut maksimum dalam posisi berdiri dan menggunakan persentil 5% perempuan. Kemudian ditambah *allowance* tebal alas sepatu 2 cm. Adapun perhitungan lebih lengkapnya adalah sebagai berikut:

$$TPA = (\bar{X} + (1,645 \times SD)) + all = (34 - (1,645 \times 7,24)) + 2 \text{ cm} = 24,10 \text{ cm} = 24 \text{ cm}$$



Ukuran hasil perancangan yang didapatkan di atas kemudian dibandingkan dengan ukuran fasilitas bermain saat ini untuk mengetahui kesesuaian dimensi pada fasilitas bermain mana yang kurang sesuai dengan dimensi tubuh anak. Adapun untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Dimensi Jembatan Gantung (cm)

No.	Dimensi Fasilitas Bermain	Saat ini	Usulan	Keterangan
1.	Tinggi jembatan gantung depan	167	215	Kurang sesuai
2.	Tinggi jembatan gantung samping	145	215	Kurang sesuai
3.	Tinggi papan ayunan	43	24	Kurang sesuai

Adapun keterangan gambar yang menunjukkan bagian-bagian pada fasilitas bermain jembatan lingkaran dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Bagian-bagian Fasilitas Bermain Jembatan Lingkaran

Sedangkan perhitungan dimensi fasilitas bermain jembatan lingkaran untuk lebih jelasnya dapat dilihat sebagai berikut:

1. Tinggi jembatan lingkaran (TJL)

Dimensi tubuh anak yang digunakan adalah tinggi kepala dalam posisi berdiri tegak menggunakan persentil 95% laki-laki, kemudian ditambah *allowance* hak sepatu 2cm. adapun perhitungannya sebagai berikut:

$$TJL = (\bar{X} + (1,645 \times SD)) + all = (111,97 + (1,645 \times 9,23)) + 2 = 129,153 = 129 \text{ cm}$$

2. Tinggi pegangan tangga lingkaran (TPTL)

Dimensi tubuh anak yang digunakan adalah tinggi siku dalam posisi berdiri tegak dan menggunakan persentil 5% wanita, kemudian ditambah *allowance* tebal alas sepatu 1,5 cm. Adapun perhitungan lebih lengkapnya adalah sebagai berikut:

$$TPTL = (\bar{X} - (1,645 \times SD)) + all = (66,69 - (1,645 \times 6,82)) + 1,5 = 56,69 \text{ cm} = 57 \text{ cm}$$

3. Jarak tiang pada pegangan tangga (PTPT)

Dimensi tubuh yang digunakan adalah tebal/ lebar paha menggunakan persentil 95% perempuan. Kemudian ditambah *allowance* tebal celana 0,5 cm. Adapun perhitungan lebih lengkapnya adalah sebagai berikut:

$$PTPT = (\bar{X} + (1,645 \times SD)) + all = (11,20 + (1,645 \times 5,74)) + 0,5 \text{ cm} = 21,14 = 21 \text{ cm}$$

4. Jarak antara tangga besi (JATB)

Dimensi tubuh yang digunakan adalah panjang telapak kaki menggunakan persentil 5% perempuan. Adapun perhitungan lebih lengkapnya adalah sebagai berikut:

$$JATB = (\bar{X} - (1,645 \times SD)) = (16,74 - (1,645 \times 2,51)) = 20,86 \text{ cm} = 21 \text{ cm}$$

Ukuran hasil perancangan yang didapatkan di atas kemudian dibandingkan dengan ukuran fasilitas bermain saat ini untuk mengetahui kesesuaian dimensi pada fasilitas bermain



mana yang kurang sesuai dengan dimensi tubuh anak. Adapun untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Dimensi Jembatan Lingkar (cm)**

No.	Dimensi Fasilitas Bermain	Saat ini	Usulan	Keterangan
1.	Tinggi jembatan lingkar	107 cm	129 cm	Kurang sesuai
2.	Tinggi pegangan tangga lingkar	50 cm	57 cm	Kurang sesuai
3.	Jarak tiang pada pegangan tangga	80 cm	21 cm	Kurang sesuai
4.	Jarak antara tangga besi	30 cm	21 cm	Kurang sesuai

### B. Identifikasi Kesalahan Potensial

Kesalahan potensial adalah tahap untuk menentukan resiko-resiko bahaya yang bisa ditimbulkan dari kesalahan desain. Resiko ini dibagi menjadi potensi bahaya tinggi dan rendah. Penentuan potensi bahaya tinggi bila resiko yang ditimbulkan mengakibatkan cedera yang memerlukan pengobatan segera, seperti terluka dan sebaliknya untuk potensi bahaya rendah. Adapun potensi bahaya rendah yang bisa ditimbulkan dari fasilitas bermain.

1. Jembatan lingkar : bahaya rendah yang ditimbulkan adalah terpeleset pada tangga besi, bahaya tinggi yang ditimbulkan terjatuh pada puncak jembatan lingkar dan penyebab dari bahaya tersebut adalah tidak ada pelindung besi pada jembatan lingkar dan anak tangga yang kecil dan licin.
2. Jembatan gantung : bahaya rendah yang ditimbulkan adalah tergores pada tali kawat dan rantai besi, bahaya tinggi yang ditimbulkan terjatuh pada saat melewati jembatan gantung penyebab dari bahaya tersebut adalah tidak ada pelindung pada tali kawat dan jembatan yang memiliki tinggi yang berbeda.

### 3.6. Identifikasi Faktor Organisasi Kritis

Faktor organisasi kritis merupakan faktor penting yang menunjukkan suatu kegagalan dalam menjalankan sistem pada organisasi yang telah dibuat. Adapun penentuan faktor-faktor kritis dalam organisasi.

1. Jembatan lingkar : pelanggaran yang dilakukan adalah menjadikan seluncuran pada *handle* tangga jembatan gantung, bahaya yang terjadi adalah terjatuh dari jembatan lingkar dan terbentur pada besi jembatan. Faktor organisasi kritis adanya pengawasan dan desain pada fasilitas bermain. Penyebabnya adalah pengawasan yang masih kurang maksimal, sehingga anak-anak menjadikan *handle* sebagai seluncuran serta desain yang kurang baik dikarenakan jarak anak tangga yang terlalu jauh dan tinggi jembatan yang kurang sesuai dengan tinggi rata-rata anak.
2. Jembatan gantung : pelanggaran yang dilakukan adalah menjadikan jembatan gantung sebagai ayunan, bahaya yang terjadi adalah tergores pada tali kawat dan tali rantai. Faktor organisasi kritis adanya pengawasan dan desain pada fasilitas bermain. Penyebabnya adalah pengawasan yang masih kurang maksimal sehingga anak-anak mengayunkan dengan kencang jembatan gantung serta desain yang kurang baik dikarenakan banyak tali kawat yang diikat tidak rapi dan aman.

Pengawasan yang masih kurang dikarenakan guru yang mengawasi anak sewaktu bermain hanya 2 guru dari 23 anak setiap kelasnya. Pengawasan sangat penting dilakukan untuk mengurangi terjadinya kecelakaan pada saat anak bermain (Schwebel, 2006). Guru tidak mendampingi anak sewaktu bermain melainkan hanya mengawasi dari wilayah pagar dan ruang guru. Dari hasil observasi dan wawancara menunjukkan anak-anak memiliki perilaku maupun kebiasaan yang membahayakan diri mereka sendiri, walaupun anak sudah diawasi. Anak-anak sering melanggar meskipun anak mengetahui resiko yang akan terjadi, karena keberanian anak.



### 3.7. Kegagalan Laten

Kegagalan laten merupakan kecelakaan yang intensitasnya tetap tinggi walaupun dilakukan tindakan penanganan. Kegagalan laten ditentukan berdasarkan faktor kritis organisasi, observasi dan juga dari audit yang lain (Schwebel, C, 2006). Berikut ditemukannya kegagalan laten di area bermain *outdoor* dan tindakan yang dianggap perlu diperbaiki untuk meningkatkan keselamatan dan kenyamanan anak:

1. Pengawasan
  - a. Pengawasan guru kurang optimal karena terdapat dua 2 guru yang mengawasi 23 anak. Sehingga anak melakukan perilaku melanggar peraturan bermain.
  - b. Tidak adanya tanda peringatan (*warning sign*) pada area bermain anak sehingga kepedulian akan keselamatan masih kurang.
2. Desain
  - a. Kurangnya pelindung yang dapat mengurangi resiko kecelakaan pada fasilitas bermain, seperti jembatan lingkaran dan jembatan gantung yang di sekelilingnya tidak diberi kotak pasir.
  - b. Kesalahan desain pada jembatan lingkaran yang memiliki jarak tangga yang terlalu jauh dan jarak tiang pagar yang terlalu jauh.
  - c. Tidak simetris tinggi jembatan gantung antara sebelah kanan dan sebelah kiri.
3. Layout  
Tata letak fasilitas bermain yang ada sudah cukup baik, hanya saja kurang pada petunjuk penggunaan permainan dan tanda peringatan.
4. Perawatan  
Kegagalan dalam perawatan bagian-bagian fasilitas bermain yang tidak dilakukan secara berkala. Saat ini fasilitas bermain akan mendapatkan perawatan apabila mengalami kerusakan.

### 3.8. Perencanaan Tindakan (*Action Plan*)

*Action plan* jangka panjang didapatkan dari potensi bahaya rendah, kegagalan laten, wawancara, rekaman hasil observasi dan potensi bahaya tinggi. *Action plan* dilakukan pada fasilitas bermain jembatan gantung dan jembatan lingkaran. Hal ini dikarenakan fasilitas bermain yang paling sering menimbulkan kecelakaan adalah jembatan gantung dan jembatan lingkaran. Adapun rekomendasi perbaikan untuk jembatan gantung dan jembatan lingkaran.

1. Jembatan gantung : bahaya yang terjadi adalah jatuh dari jembatan gantung dan tergores oleh tali kawat atau tali rantai yang berkarat, peningkatan perbaikan jangka panjang melakukan perawatan secara berkala sedangkan perbaikan jangka pendek desain ulang jembatan gantung, mulai dari tinggi tiang dan tinggi jembatan gantung.
2. Jembatan lingkaran : bahaya yang terjadi adalah jatuh dari tangga jembatan lingkaran, peningkatan perbaikan jangka panjang melakukan perawatan secara berkala dan pembuatan kotak pasir di area jembatan lingkaran sedangkan perbaikan jangka pendek adalah pengawasan karena pelanggaran bermain, pembuatan tanda peringatan jembatan lingkaran, dan desain ulang jembatan lingkaran mulai dari tinggi, jarak tangga, pagar jembatan lingkaran.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka hal-hal yang dapat disimpulkan pada penelitian ini adalah semua fasilitas bermain yang ada di TK Islam Silmi belum ergonomis. Fasilitas yang ada tidak memiliki landasan/dasar yang aman bagi anak. Pada saat ini landasan yang ada adalah semen seharusnya pasir atau tanah ditumbuhi rumput. Jembatan gantung tidak memiliki pelindung pada setiap tali jembatannya yang terbuat dari kawat dan besi seharusnya diberi lapisan selang. Jembatan lingkaran memiliki jarak anak tangga 30 cm yang tidak sesuai dengan panjang telapak kaki rata-rata anak Indonesia yang seharusnya adalah dengan jarak 21



cm. Selain itu, terdapat fasilitas bermain yang memiliki resiko bahaya paling tinggi adalah jembatan lingkar dan jembatan gantung, dengan presentase kecelakaan jembatan lingkar sebesar 47% dan presentase jembatan gantung sebesar 30%. perbaikan yang bisa dilakukan adalah perbaikan jangka panjang dan perbaikan jangka pendek. Pada jembatan lingkar dan jembatan gantung dilakukan perawatan secara berkala, pembuatan kotak pasir, dan desain ulang. Perbaikan yang dilakukan pada jembatan lingkar adalah mengubah tinggi jembatan lingkar dari 107 cm menjadi 129 cm, tinggi pegangan tangga lingkar dari 50 cm menjadi 57 cm dan jarak antara tangga besi dari 30 cm menjadi 21 cm. Sedangkan untuk jembatan gantung dilakukan perbaikan pada tinggi jembatan gantung bagian depan dan samping dari 167 cm menjadi 215 cm dan tinggi papan jembatan dari 43 cm menjadi 24 cm.

Saran untuk penelitian selanjutnya adalah mengidentifikasi semua fasilitas bermain outdoor yang ada di TK serta diharapkan untuk mengembangkan penelitian ini dengan dilengkapi prototype dan perhitungan jadwal perawatan pada fasilitas bermain terutama pada besi dan kawat permainan.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Baskara, M., 2011, *Prinsip Pengendalian Perancangan Taman Bermain Anak di Ruang Publik*, Jurnal Laskap Indonesia, Vol. 3 No. 1 hh.5-7.
- Benedyk & Minister, 1995, *Evaluation Of Product Safety Using The Besafe Method*, In Stanton N, University College London.
- Grandjean, E., 1982, *Fitting The Task To The Man an Ergonomic Approach*, Taylor & Francis, London.
- Herawati, L., & Pawitra, T.A., *Evaluasi Pada Antropometri Anak-Anak Usia 4-6 Tahun di Jawa Timur Dan Aplikasi Pada Perancangan Fasilitas Belajar Di Sekolah*, Jurnal Ilmiah Teknik Indutri, Vol.12, No. 2 hh. 144-146.
- Nurmianto, E., 2004, *Ergonomi Konsep Dasar Dan Aplikasinya*, 2<sup>nd</sup> edn, Guna Widya, Surabaya.
- Schwebel, C., 2006, *Safety On The Playground: Mechanisms Through Which Adult Supervision Might Prevent Child Playground Injury*, Journal of Clinical Psychology in Medical Setting, Vol. 13, No. 2, hh. 143-146.
- Taylor, & Francis, 2003, *Human Factors In Consumer Products*, In Stanton N, University of Southampton.
- Whitten, J.L., Bentley, L.D., Dittman, K.C., 2004, *Metode Desain dan Analisis Sistem*, Terjemahan oleh Tim Penerjemah ANDI, Yogyakarta.
- Wignjosoebroto, S., 2008, *Ergonomi Studi Gerak Dan Waktu*, Guna Widya, Surabaya.
- Nofrizal & Zul Infi., *Perancangan Alat Belajar Dan Bermain Yang Ergonomis Di Taman Kanak-Kanak Islam Permata Selat Panjang*, Jurnal Ilmiah Teknik Industri, Vol. 10, No. 1, Juni 2011.



## Pengetahuan, Sikap, dan Perilaku Keselamatan dan Kesehatan Kerja (K3) Terkait Kasus Kecelakaan Kerja Pada Bagian Produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang

Widodo Hariyono<sup>1,2</sup>, Rio Wahyu Saputra<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Prodi Ilmu Kesehatan Masyarakat, FKM, Universitas Ahmad Dahlan (UAD)

<sup>2</sup>Pusat Studi K3 UAD

Jl. Prof. Dr. Soepomo, S.H., Janturan, Kota Yogyakarta, 55164

HP: 0818268945, E-mail: widodohariyono@yahoo.com

### Intisari

Berdasarkan hasil studi pendahuluan didapatkan data berupa 5 kasus kejadian kecelakaan kerja pada tahun 2015, kasus yang menimpa pekerja seperti tertimpa, tertusuk, terbentur dan mata yang kemasukan logam berat. Bagian produksi merupakan bagian yang mempunyai risiko terjadinya kecelakaan kerja paling tinggi karena secara langsung berhadapan dengan mesin dan alat-alat berat. Tujuan : Tujuan dari penelitian ini untuk mengetahui hubungan pengetahuan, sikap dan perilaku keselamatan dan kesehatan kerja dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti. Metode : jenis penelitian ini observasional analitik dengan menggunakan rancangan penelitian cross sectional cara pengambilan sampel yaitu simple random sampling. Jumlah populasi 120 pekerja dan jumlah sampel 51 ditambah 10% maka menjadi 61 sampel. Instrumen yang digunakan kuesioner yang disusun oleh peneliti. Analisis data menggunakan analisis univariat, bivariat dengan uji statistik chi-square. Hasil penelitian : berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada 61 responden yang pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 24 responden (39,3%), sedangkan pekerja yang tidak pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 37 responden (60,7%). Analisis bivariat pengetahuan dengan nilai  $P(0,001) < \alpha (0,05)$ . Nilai RP 3,083. (CI) 1,569-6,059. Sikap dengan nilai  $P(0,001) < \alpha (0,05)$ . Nilai RP 3,310. (CI) 1,525-7,188. Perilaku dengan nilai  $P(0,004) < \alpha (0,05)$ . Nilai RP 2,667. Nilai (CI) 1,440-4,938. Kesimpulan : Ada hubungan yang signifikan antara pengetahuan, sikap dan perilaku K3 dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang.

*Kata Kunci:* Kecelakaan, Keselamatan dan Kesehatan Kerja.

### 1. Pendahuluan

Keselamatan dan kesehatan kerja merupakan salah satu aspek perlindungan tenaga kerja yang diatur oleh Undang-Undang Nomor 13 tahun 2003. Keselamatan dan kesehatan kerja diharapkan dapat menciptakan kenyamanan kerja dan keselamatan kerja yang tinggi. Jadi unsur yang ada dalam keselamatan dan kesehatan kerja tidak terpaku pada faktor fisik, tetapi juga mental, emosional dan psikologi (Sucipto, 2014).

Berdasarkan data *International Labour Organization* dalam Departemen kesehatan (2014), 1 pekerja di dunia meninggal setiap 15 detik karena kecelakaan kerja, 153 pekerja mengalami kecelakaan kerja setiap 15 detik dan 160 pekerja mengalami sakit akibat kerja.

Kejadian kecelakaan pada pekerja di PT Surya Besindo Sakti bagian produksi tidak lepas dari proses produksi seperti *machining* (mesin), *cutting* (pemotongan), *assembling* (perakitan), *drilling* (pengeboran), *welding* (pengelasan), *marking* (penandaan), *painting* (pengecatan), dari proses produksi diatas dapat menimbulkan potensi bahaya yang dapat memicu risiko terjadinya kecelakaan kerja.



Berdasarkan hasil wawancara secara langsung dengan *officer Health Safety Environment* (HSE) pada tanggal 10 Maret 2016, terdapat poin-poin penting yang mendukung penelitian ini, antara lain diperoleh hasil berupa masalah yang ada di Bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang yaitu (1) Para karyawan dibagian produksi telah mengikuti pelatihan keselamatan dan kesehatan kerja yang diadakan di perusahaan, (2) Karyawan Bagian produksi mempunyai risiko kecelakaan kerja paling tinggi karena berhadapan secara langsung dengan mesin-mesin dan alat-alat berbahaya, (3) Bagian produksi merupakan bagian yang angka kecelakaan kerjanya paling tinggi dari bagian lain, (4) Jumlah kasus kecelakaan kerja pada tahun 2015 terdapat 5 kasus kecelakaan kerja, kasus yang paling banyak terjadi pada pekerja yaitu pada kasus mata yang kemasukan logam berat, dan kasus seperti tertimpa, terjepit, terbentur, dan masih banyak kasus yang lainnya. saat observasi secara langsung juga diperoleh yaitu, (5) Beberapa karyawan pada bagian produksi tidak menaati *safety line*, (6) Terdapat beberapa karyawan yang tidak menggunakan alat pelindung diri sesuai dengan jenis pekerjaannya.

## 2. Metodologi

Jenis penelitian ini adalah *Observasional* analitik dengan rancangan *cross sectional*. Lokasi Penelitian di Bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang. Penelitian dilaksanakan pada bulan mei-juni 2016.

Populasi pada penelitian ini adalah pekerja bagian produksi PT Surya Besindo Sakti. Sampel yang digunakan yaitu sebanyak 61 pekerja. Penelitian ini menggunakan instrumen berupa kuesioner yang disusun oleh peneliti serta memuat daftar pertanyaan-pertanyaan yang menunjang variabel bebas penelitian. Analisis data yang digunakan adalah analisis univariat dan analisis bivariat.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil penelitian

#### a. Gambaran umum perusahaan

PT Surya Besindo Sakti merupakan perusahaan penanaman modal dalam negeri didirikan pada tahun 1987. dimulai dengan hanya 30 karyawan. Perusahaan telah berkembang pesat dan saat ini didukung oleh 400 anggota staf, yang terdiri dari 250 di divisi produktif, 50 di divisi engineering sementara yang tersisa adalah tim pendukung. Mereka tersebar di kantor pusat Banten, Dumai, Palembang, Surabaya, Cilacap, Balikpapan, Bontang, Cikande dan Cilegon. PT Surya Besindo Sakti berfokus pada fabrikasi dan jasa rekayasa. Awalnya PT Surya Besindo Sakti hanya melayani pesanan membentuk kilang Pertamina. Sekarang PT Surya Besindo Sakti telah menyebar sasaran pemasaran untuk pabrik petrokimia, pembangkit listrik, pabrik pupuk, minyak dan gas. PT Surya Besindo Sakti beralamat di Jalan Raya Rangkasbitung Km.3, Cikande Kabupaten Serang.

#### b. Karakteristik responden

##### 1) Karakteristik Berdasarkan Umur

Berdasarkan hasil pengisian kuesioner berkaitan dengan biodata responden bagian produksi, didapatkan usia responden sebagai berikut:

Tabel 1. Distribusi Responden Berdasarkan Kelompok Umur

No	Kelompok Umur (Tahun)	Kategori	Responden	
			Jumlah (N)	Presentase (%)
1	26-45	Dewasa	47	77
2	46-65	Lansia	14	23
	Jumlah		61	100



Berdasarkan hasil penelitian pada tabel 1 diketahui bahwa dari total sampel 61 orang. Kelompok umur terbanyak yang bekerja di PT Surya Besindo Sakti bagian produksi berada pada usia 26 – 45 tahun yaitu sebesar 47 (77%). Sementara kelompok umur lansia sebanyak 14 (23%).

2) Karakteristik berdasarkan jenis kelamin

Tabel 2. Distribusi Responden Berdasarkan Jenis Kelamin

No	Jenis Kelamin	Jumlah (N)	Presentase (%)
1	Laki-Laki	61	100
	Jumlah	61	100

Hasil tabel 2, menunjukkan bahwa jumlah responden pada penelitian ini sebesar 61 sampel. Responden yang diambil yaitu laki-laki berjumlah 61 sampel (100%).

3) Karakteristik berdasarkan pendidikan

Tabel 3. Distribusi Responden Berdasarkan Tingkat Pendidikan

No	Pendidikan	Jumlah (N)	Presentase (%)
1	SMA	58	95
2	D3	1	1,7
3	S1	2	3,3
	Jumlah	61	100

Hasil penelitian pada tabel 3, diketahui bahwa dari total sampel 61 orang. Kelompok pendidikan terbanyak yang bekerja di PT Surya Besindo Sakti bagian produksi yaitu SMA 58 responden 95%. Sementara D3 1 responden 1,6% dan S1 2 responden 3,3%.

**c. Analisis univariat**

1) Distribusi pengetahuan pekerja diklasifikasikan menjadi dua yaitu tinggi dan rendah. Pengetahuan Pekerja dapat dilihat pada tabel 4. Berikut :

Tabel 4. Distribusi Pengetahuan Pekerja pada Bagian Produksi PT Surya Besindo sakti.

No	Klasifikasi Pengetahuan	Responden	
		f	%
1	Tinggi	37	60,7
2	Rendah	24	39,3
	Jumlah	61	100

Dari hasil tabel 4, menunjukkan bahwa tingkat pengetahuan pekerja tinggi lebih banyak yaitu dengan jumlah 37 responden (60,7%), sedangkan pekerja yang pengetahuannya rendah berjumlah 24 responden (39,3%).



- 2) Distribusi sikap pekerja  
Sikap pekerja diklasifikasikan menjadi dua, yaitu positif dan negative. Sikap responden dapat dilihat pada tabel 5. Berikut :

Tabel 5. Distribusi sikap pekerja pada Bagian Produksi PT Surya Besindo Sakti.

No	Klasifikasi Sikap	Responden	
		f	%
1	Positif	32	52,5
2	Negatif	29	47,5
	Jumlah	61	100

Hasil Tabel 2. Menunjukkan bahwa pekerja yang mempunyai sikap positif lebih banyak, yaitu berjumlah 32 orang (52,5%), sedangkan pekerja yang memiliki sikap negative berjumlah 29 (47,5%).

- 3) Distribusi perilaku pekerja diklasifikasikan menjadi dua yaitu baik dan tidak baik. Dapat dilihat berdasarkan tabel 6. Berikut:

Tabel 6. Distribsi perilaku pekerja pada Bagian Produksi PT Surya Besindo Sakti.

No	Klasifikasi Sikap	Responden	
		f	%
1	Baik	40	65,6
2	Tidak baik	21	34,4
	Jumlah	61	100

Hasil Tabel 6, Menunjukkan bahwa perilaku pekerja yang bersifat baik lebih besar yang berjumlah 40 responden (65,6%), sedangkan perilaku pekerja yang bersifat tidak baik berjumlah 21 responden (34,4%).

- 4) Distribusi kecelakaan kerja pada pekerja di Bagian Produksi diklasifikasikan menjadi dua yaitu celaka dan tidak celaka. Proses yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan instrumen berupa kuesioner, hal ini bertujuan untuk melihat pengetahuan, sikap dan perilaku pekerja dengan kejadian kecelakaan kerja. Dapat dilihat pada tabel 7. Berikut :

Tabel 7. Distribusi kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti.

No	Klasifikasi kecelakaan kerja	Responden	
		f	%
1	Pernah	24	39,3
2	Tidak Pernah	37	60,7
	Jumlah	61	100

Hasil Tabel 7, yang didapatkan dari jumlah pekerja yang berjumlah 61 responden. yang didapatkan bahwa pekerja yang pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 24 responden (39,3%), sedangkan pekerja yang tidak pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 37 responden (60,7%).



**d. Analisis bivariat**

1) Hubungan pengetahuan dengan kejadian kecelakaan kerja.

Hubungan pengetahuan dengan kejadian kecelakaan kerja pada Bagian Produksi dapat dilihat pada tabel 8 berikut :

Tabel 8. Hubungan pengetahuan dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti.

Pengetahuan	Kejadian kecelakaan kerja			Sig	RP	CI (95%)
	Pernah (%)	Tidak Pernah (%)	N (%)			
Rendah	16 (66,7)	8 (33,3)	24 (100)	0,001	3,083	1,569-6,059
Tinggi	8 (21,6)	29 (78,4)	37 (100)			
Total	24 (39,3)	37 (60,7)	61 (100)			

Hasil tabel 8 menunjukkan bahwa pada hasil uji statistik *chi square* ada hubungan yang bermakna antara pengetahuan dengan kejadian kecelakaan kerja pada pekerja bagian produksi PT Surya Besindo Sakti, dengan nilai  $p(0,001) < \alpha(0,05)$ . Nilai RP (*rasio prevalence*) pada penelitian ini sebesar 3,083 artinya bahwa pengetahuan yang rendah berisiko 3,083 kali lebih besar terhadap kejadian kecelakaan kerja dibandingkan dengan responden yang memiliki pengetahuan tinggi. Nilai *Confident interval* (CI) 1,569-6,059 yang mencakup angka 1 sehingga ada hubungan yang signifikan antara pengetahuan dengan kecelakaan kerja.

2) Hubungan sikap dengan kecelakaan kerja.

Proses yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan instrumen berupa kuesioner. Hubungan sikap dengan kejadian kecelakaan kerja di bagian produksi PT Surya Besindo Sakti dapat dilihat pada tabel 9 berikut :

Tabel 9. Hubungan sikap dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti.

Sikap	Kecelakaan kerja			Sig	RP	CI (95%)
	Pernah (%)	Tidak Pernah (%)	N (%)			
Negatif	18 (62)	11 (38)	29 (100)	0,001	3,310	1,525-7,188
Positif	6 (18,8)	26 (81,2)	32 (100)			
Total	24 (39,3)	37 (60,7)	61 (100)			





Hasil tabel 9 menunjukkan hasil uji statistik *chi square* bahwa adanya hubungan yang signifikan antara sikap dengan kecelakaan kerja. Berdasarkan nilai  $p(0,001) < \alpha(0,05)$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Nilai *RP* (*rasio prevalence*) pada penelitian ini sebesar 3,310, artinya bahwa sikap yang negatif berisiko 3,310 kali lebih besar terhadap kejadian kecelakaan kerja dibandingkan dengan responden yang memiliki sikap yang positif. Nilai *CI* 1,525-7,188 yang mencakup angka 1 sehingga ada hubungan bermakna antara sikap dengan kecelakaan kerja.

3) Hubungan perilaku dengan kecelakaan kerja.

Proses yang dilakukan pada penelitian ini menggunakan instrumen berupa kuesioner. Hubungan perilaku dengan kejadian kecelakaan kerja dapat dilihat berdasarkan tabel 10 berikut :

Tabel 10. Hubungan perilaku dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti.

Perilaku	Kecelakaan kerja			Sig	RP	CI (95%)
	Pernah (%)	Tidak Pernah (%)	N (%)			
Tidak baik	14 (66,7)	7 (33,3)	21 (100)	0,004	2,667	1,440-4,938
Baik	10 (25)	30 (75)	17 (100)			
Total	24 (39,3)	37 (60,7)	61 (100)			

Hasil tabel 10 menunjukkan hasil uji statistik *chi square* bahwa ada hubungan yang signifikan antara perilaku dengan kejadian kecelakaan kerja dengan nilai  $P(0,004) < \alpha(0,05)$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Nilai *RP* 2,667, artinya bahwa perilaku yang tidak baik berisiko 2,667 kali lebih besar terhadap kejadian kecelakaan kerja dibandingkan dengan responden yang memiliki perilaku yang baik. Nilai *CI* 1,440-4,938 yaitu tidak mencakup angka 1, maka ada hubungan yang signifikan antara perilaku dengan kecelakaan kerja.

### 3.2 Pembahasan

#### a. Hubungan pengetahuan dengan kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang

Dari analisis bivariat 61 responden yang bekerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang yang memiliki pengetahuan rendah dan tidak pernah mengalami kecelakaan kerja sebanyak 8 orang (33,3%), sedangkan pekerja yang memiliki pengetahuan rendah tetapi pernah mengalami kecelakaan kerja sebanyak 16 orang (66,7%). Pekerja yang memiliki pengetahuan tinggi dan tidak pernah mengalami kecelakaan kerja sebanyak 29 orang (78,4%), sedangkan Pengetahuan yang tinggi dan pernah mengalami kecelakaan kerja sebanyak 8 orang (21,6%). Hasil pada uji statistik *chi square* menunjukkan ada hubungan yang bermakna antara pengetahuan dengan kejadian kecelakaan kerja pada pekerja bagian produksi PT Surya Besindo Sakti, dengan nilai  $P(0,001) < \alpha(0,05)$ . Nilai *RP* pada penelitian ini sebesar 3,083 artinya bahwa pengetahuan yang rendah berisiko 3,083 kali lebih besar terhadap kejadian kecelakaan kerja dibandingkan dengan responden yang memiliki pengetahuan tinggi.



Nilai  $CI$  1,569 - 6,059 yang mencakup angka 1 sehingga ada hubungan yang signifikan antara pengetahuan dengan kecelakaan kerja.

Menurut Notoatmojo (2010) pengetahuan adalah hasil penginderaan manusia terhadap suatu objek tertentu, pekerja yang memiliki pengetahuan yang tinggi akan menghindari kecelakaan yang ringan karena kecelakaan yang ringan dapat berakibat fatal apabila tidak ditindak lanjuti. sehingga kecelakaan pada saat bekerja dapat dihindari. Wawan dan Dewi (2011), pengetahuan tersebut sangat dipengaruhi oleh intensitas perhatian persepsi terhadap obyek Pekerja yang memiliki pengetahuan rendah akan cenderung mengabaikan bahaya apa saja yang dapat timbul pada saat dia bekerja dan tidak melaksanakan prosedur kerja dengan baik. Pekerja yang pengetahuannya kurang akan bekerja terburu-buru untuk menyelesaikan pekerjaan, dikarenakan ketidaktahuan pekerja, karena pekerja yang ingin waktu istirahatnya lebih lama. Hal ini dikarenakan pengetahuan pekerja yang kurang akan bahaya disekitarnya, sehingga resiko terjadinya celaka lebih besar. Penelitian ini ingin melihat pengetahuan pekerja.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh (Kalalodkk, 2016) bahwa terdapat hubungan yang signifikan pengetahuan dengan kejadian kecelakaan kerja yaitu menggunakan uji statistik *fishers* diperoleh nilai  $P(0,000) < \alpha (0,05)$ .

Berdasarkan penelitian (Sandewa & Adhiwijaya, 2014), juga mengatakan ada hubungan yang signifikan antara pengetahuan dengan risiko kecelakaan kerja, dengan menggunakan uji statistik *chi square* diperoleh nilai  $p(0,001) < \alpha 0,05$ .

Hasil penelitian dari (Aswar dkk, 2016) juga mengatakan bahwa ada hubungan antara pengetahuan hubungan antara pengetahuan K3 dengan kecelakaan kerja dimana nilai  $Pvalue < \alpha$  dengan nilai hubungan kedua variabel bernilai kuat ( $\phi=0,655$ ).

Pengetahuan pekerja dapat digolongkan menjadi dua yaitu tinggi dan rendah, apabila pekerja yang memiliki pengetahuan yang rendah tingkat risiko terjadinya kecelakaan kerja akan semakin tinggi, karena pekerja tidak mengetahui bahaya apa saja yang dapat terjadi pada saat mereka bekerja, mulai dari tertimpa, tertusuk, terjepit, terbentur, dan masih banyak bahaya yang dapat timbul apabila masih banyak pengetahuan pekerja yang rendah. Sehingga perlu diadakan pelatihan tentang keselamatan dan kesehatan kerja pada pekerja secara menyeluruh terhadap semua pekerja terutama pada pekerja bagian produksi.

#### **b. Hubungan sikap dengan kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang**

Hasil analisis bivariat pada 61 pekerja bagian produksi PT Surya Besindo Sakti, yang memiliki sikap yang negatif dan tidak pernah mengalami kecelakaan kerja 11 orang (38%), sedangkan pekerja yang memiliki sikap yang negatif dan pernah mengalami kecelakaan kerja 18 orang (62%). Pekerja yang memiliki sikap positif tetapi tidak pernah mengalami kecelakaan kerja ada 26 orang (81,2%), sedangkan pekerja yang memiliki sikap yang positif dan pernah mengalami kecelakaan kerja ada 6 orang (18,8%). Hasil uji statistik *chi square* bahwa adanya hubungan yang signifikan antara sikap dengan kecelakaan kerja. Berdasarkan nilai  $P(0,001) < \alpha (0,05)$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Nilai  $RP$  pada penelitian ini sebesar 3,310, artinya bahwa sikap yang negatif berisiko 3,310 kali lebih besar terhadap kejadian kecelakaan kerja dibandingkan dengan responden yang memiliki sikap yang positif. Nilai  $CI$  1,525-7,188 yang mencakup angka 1 sehingga ada hubungan bermakna antara sikap dengan kecelakaan kerja.

Berdasarkan hasil statistik yang didapat bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara sikap dan kecelakaan kerja. sikap dapat berupa sikap positif dan



negatif, dimana sikap positif lebih kecenderungan kepada tindakan, sedangkan sikap negatif lebih kepada menjauhi atau menghindari objek tertentu (Wawan & Dewi, 2011). sesuai dengan penelitian ini bahwa pekerja yang berperilaku positif akan bersikap positif, dan sebaliknya apabila pekerja berperilaku negatif maka sikap nya akan negatif. Menurut Notoatmodjo, (2010) Sikap adalah juga respons tertutup seseorang terhadap stimulus atau objek tertentu, yang sudah melibatkan faktor pendapat dan emosi yang bersangkutan (senang-tidak senang, setuju-tidak setuju, baik-tidak baik, dan sebagainya), pekerja yang memiliki sikap negatif akan lebih besar tingkat risiko terjadinya celaka. Pekerja yang memiliki sikap positif akan lebih memperhatikan tindakan nya dalam bekerja mulai dari memperhatikan standar prosedur dalam bekerja, lingkungan kerjanya untuk mengurangi risiko terjadinya celaka baik celaka yang bersifat ringan ataupun berat. Sebaliknya pekerja yang memiliki sikap negatif tidak akan memperhatikan standar prosedur dalam bekerja serta lingkungannya, sehingga tingkat terjadi celaka lebih tinggi. Penelitian ini ingin mengetahui sikap dari para pekerja baik itu sikap positif maupun sikap negatif.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian (Kalalo dkk, 2016) yang menyatakan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara sikap dengan kecelakaan kerja berdasarkan hasil uji statistic dengan menggunakan uji *fishers* diperoleh nilai  $p(0,002) < \alpha (0,05)$ . Sikap yang diukur dalam penelitian tersebut adalah respon responden resiko kecelakaan kerja kebijakan keselamatan kerja dan pencegahan kecelakaan kerja.

Berdasarkan hasil penelitian (Sandewa & Adhiwijaya, 2014), mengatakan terdapat hubungan yang signifikan antara sikap dengan risiko kecelakaan kerja, maka diperoleh uji statistik menggunakan uji *chi square* diperoleh nilai  $P(0,002) < \alpha (0,05)$ .

Hasil dari penelitian (Aswar, dkk 2016) juga menunjukkan ada hubungan hubungan antara sikap kerja dengan kecelakaan kerja dimana nilai Pvalue  $< \alpha$  dengan nilai hubungan kedua variabel bernilai kuat ( $\phi=0,582$ ).

Sikap pekerja digolongkan menjadi dua yaitu sikap positif dan sikap negative. Sikap pekerja pada bagian produksi menunjukkan hasil bahwa banyak pekerja yang bersikap negative, apabila pekerja lebih banyak bersikap negative akan menyebabkan tingkat terjadinya bahaya kecelakaan kerja lebih tinggi. Hal ini didasari dari sikap pekerja yang bersikap negative dapat menimbulkan bahaya sendiri bagi pekerja karena tidak menaati peraturan yang ada sehingga tingkat risiko bahaya dalam bekerja tidak dapat diminimalisir. Pekerja harus diberikan pelatihan keselamatan dan kesehatan kerja agar mereka dapat mengerti bahaya apa saja yang dapat terjadi apabila mereka tidak menaati prosedur kerja, mulai dari pentingnya penggunaan alat pelindung diri dan sebagainya.

**c. Hubungan perilaku dengan kecelakaan kerja pada Bagian Produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang**

Dari analisis bivariat, 61 responden yang mempunyai perilaku tidak baik dan tidak pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 7 responden (33,3%), sedangkan responden yang mempunyai perilaku tidak baik dan pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 14 responden (66,7%). Responden yang memiliki perilaku baik tetapi tidak pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 30 responden (75%), sedangkan responden yang memiliki pengetahuan baik dan pernah mengalami kecelakaan kerja berjumlah 10 responden (25%). Hasil uji statistik *chi square* bahwa ada hubungan yang signifikan antara perilaku dengan kejadian kecelakaan kerja dengan nilai  $P(0,004) < \alpha (0,05)$  maka  $H_0$  ditolak dan  $H_a$  diterima. Nilai  $RP$  2,667, artinya bahwa perilaku yang tidak baik berisiko 2,667 kali lebih besar terhadap kejadian kecelakaan kerja dibandingkan dengan responden yang memiliki perilaku yang baik. Nilai  $CI$



1,440-4,938 yaitu mencakup angka 1, maka ada hubungan yang signifikan antara perilaku dengan kecelakaan kerja.

Berdasarkan hasil penelitian terdapat perilaku berbahaya yang sering dilakukan pekerja yaitu beberapa pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung diri pada saat berada di *workshop*, tidak mematuhi *safety sign* pada saat bekerja, dan banyak pekerja yang merokok pada saat bekerja.

Penelitian ini sejalan dengan penelitian (Widiatmoko dkk, 2013) yang Berdasarkan uji *Rank Spearman* diperoleh hasil *p value* 0,045 dengan nilai signifikansi 5% menunjukkan ada hubungan antara perilaku berbahaya dengan kejadian kecelakaan kerja. Perilaku adalah salah satu di antara faktor individual yang mempengaruhi tingkat kecelakaan. Meskipun kepribadian, sikap karyawan, dan karakteristik individual karyawan tampaknya berpengaruh pada kecelakaan kerja, namun hubungan sebab akibat masih sulit dipastikan. Walaupun manusianya telah berhati-hati, namun apabila lingkungannya tidak menunjang (tidak aman) maka kecelakaan dapat pula terjadi, begitu pula sebaliknya.

Perilaku pekerja digolongkan menjadi dua yaitu baik dan tidak baik. Perilaku pekerja pada bagian produksi menunjukkan bahwa banyak pekerja yang berperilaku tidak baik. Mulai dari tindakan pekerja yang tidak aman yaitu terdapat beberapa pekerja yang tidak menggunakan alat pelindung diri pada saat bekerja, tidak mematuhi *safety line* atau jalur keselamatan pada saat berada di *workshop*. Akibatnya terjadi peristiwa yang tidak diinginkan yaitu berupa kecelakaan dalam bekerja, mulai dari tertimpa, tertusuk, terjepit, terbentur, kemasukan logam berat, gangguan pernafasan (*respirasi*) dan potensi-potensi bahaya lainnya. Hal ini harus diminimalisir yaitu dengan berperilaku yang baik sesuai dengan prosedur kerja yang telah ditetapkan agar risiko terjadinya kecelakaan dalam bekerja dapat di minimalisir.

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

##### **4.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Ada hubungan antara pengetahuan dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang.
2. Ada hubungan antara sikap dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang.
3. Ada hubungan antara perilaku dengan kejadian kecelakaan kerja pada bagian produksi PT Surya Besindo Sakti Kabupaten Serang.

##### **4.2. Saran**

Saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah:

Bagi Pimpinan PT Surya Besindo Sakti perlu melakukan pelatihan kepada pekerja dalam upaya meningkatkan wawasan para pekerja untuk mengurangi risiko kecelakaan dalam bekerja terutama pada bagian produksi. Bagi para pekerja bagian produksi diharapkan meningkatkan pengetahuannya tentang faktor-faktor yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja, serta sikap dan perilaku positif dalam bekerja yang selalu menaati prosedur kerja.

##### **Ucapan terima kasih**

Kepada Pimpinan Pusat Studi Keselamatan dan Kesehatan Kerja (PS-K3) UAD, diucapkan terima kasih atas pendanaan yang diberikan dalam riset ini.



**Daftar pustaka**

- Anizar., 2012, *Teknik Keselamatan dan Kesehatan Kerja di Industri*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Aswar E., Asfian P., & Fachlevy A.F., 2016, *Tugas Akhir : Faktor-Faktor Yang Berhubungan dengan Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Bengkel Mobil Kota Kendari Tahun 2016*, Universitas Halu Oleo Kendari.
- Departemen Kesehatan 2014., akses online 17 maret 2016, URL <http://www.depkes.go.id/article>.
- Kalalo, S.Y., Kaunang W.P.J., & Kawatu P.A.T., 2016, Hubungan Antara Pengetahuan Dan Sikap Tentang K3 Dengan Kejadian Kecelakaan Kerja Pada Kelompok Nelayan Di Desa Belang Kecamatan Belang Kabupaten Minahasa Tenggara, *Jurnal Ilmiah Farmasi UNSRAT* Vol. 5 pp. 244-251
- Notoatmodjo, S., 2010, *Ilmu Perilaku Kesehatan, Rineka Cipta* : Jakarta.
- Sandewa, S., & Adhiwijaya, A., 2014, Hubungan Perilaku Dengan Resiko Kecelakaan Kerja Pada Perawat di Ruang Rawat Inap RSUD Labuang Baji Makassar, *Jurnal Ilmiah Kesehatan*, Diagnosi Volume 5 pp. 500-506
- Sucipto, C, D., 2014, *Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, Gosyen Publishing, Yogyakarta.
- Wawan, A., & Dewi, M., 2011, *Teori dan Pengukuran Pengetahuan, Sikap dan Perilaku Manusia*, Nuha Medika : Yogyakarta.
- Wawan, A., & Dewi, M., 2011, *Teori dan Pengukuran Pengetahuan, Sikap dan Perilaku Manusia*, Nuha Medika : Yogyakarta.
- Widiatmoko, M.N., Yuantari, MG, C., & Mahawati, E., 2013, *Tugas Akhir : Faktor-Faktor yang Berhubungan Dengan Kejadian Kecelakaan Kerja Pada Pekerja Pengangkut Kayu di Penggergajian Kayu Jepara 2013*, Universitas Dian Nuswantoro Semarang.



## Perbandingan Profil Kepemimpinan Manajer Proyek dan Manajer Non-proyek di Indonesia

**Dyah Ari Susanti, Budi Hartono**

Program Studi S2 Teknik Industri

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika No. 2 Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Telp. +62-274-513665

E-mail: dyarisusanti@gmail.com

### Intisari

*Kepemimpinan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi keberhasilan suatu organisasi dalam mencapai tujuannya. Berdasarkan waktunya, kegiatan dalam suatu organisasi dibedakan menjadi kegiatan proyek dan non-proyek/operasional. Dengan melihat jenis aktivitas organisasi yang dibedakan menjadi proyek dan non-proyek, tentunya akan berbeda karakter manajer yang tepat untuk memimpin masing-masing jenis aktivitas organisasi tersebut. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengidentifikasi karakter yang sesuai bagi manajer proyek dan manajer non-proyek dalam lingkup wilayah Indonesia. Sebanyak 94 manajer non-proyek berpartisipasi dalam penelitian ini dan dikombinasikan dengan data 89 manajer proyek dari penelitian sebelumnya. Teknik Sampling yang digunakan adalah kombinasi antara judgement sampling dan snowball sampling. Hasil penelitian divalidasi kembali pada praktisi di lapangan untuk mendapatkan penjelasan yang lebih komprehensif. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa tantangan yang akan dihadapi pada proyek di Indonesia yaitu on-schedule, regulasi, disiplin dan korupsi sementara pada non-proyek yaitu rutinitas inovasi dan kebosanan. Hal menarik lain yang ditemukan adalah faktor sertifikasi berpengaruh pada kesuksesan manajer proyek sementara gender tidak berpengaruh pada efektivitas pemimpin baik proyek maupun non-proyek.*

*Kata Kunci: kepemimpinan, manajemen proyek, manajemen operasional, eksploratori, kualitatif, proyek, non-proyek.*

### 1. Pendahuluan

Penelitian ini dilakukan berdasarkan latar belakang bahwa kepemimpinan merupakan faktor yang sangat mempengaruhi keberhasilan suatu organisasi dalam mencapai tujuannya. Berdasarkan waktunya, kegiatan dalam suatu organisasi dibedakan menjadi kegiatan operasional dan kegiatan proyek (PMI, 2013). Dengan melihat jenis aktivitas organisasi yang dibedakan menjadi proyek dan non-proyek, tentunya akan berbeda karakter manajer yang tepat untuk memimpin masing-masing jenis aktivitas organisasi tersebut. Sehingga perlu dicari tahu karakter yang tepat untuk memimpin aktivitas proyek dan karakter yang tepat untuk aktivitas non-proyek.

Berdasarkan latar belakang tersebut maka dirumuskan suatu masalah yaitu seperti apakah karakter yang sesuai untuk manajer proyek dan karakter yang sesuai untuk manajer non-proyek di Indonesia. Penelitian ini dilakukan pada cakupan wilayah Indonesia dengan responden sebagian besar bekerja pada perusahaan yang berlokasi pada pulau Jawa, Sumatra, dan Kalimantan dengan proporsi terbesar pada pulau Jawa dan dilakukan pada tipe perusahaan umum dan tidak terspesifikasi.



Tujuan dari penelitian ini adalah mengidentifikasi karakter yang sesuai bagi manajer proyek dan manajer non-proyek dari segi definisi kepemimpinan, karakter kepemimpinan, *risk preference*, pemimpin sukses dan efektif di Indonesia. Manfaat penelitian ini adalah memberikan informasi mengenai perbedaan antara kepemimpinan pada proyek dan manajer non-proyek juga dapat dijadikan informasi di bidang *human resource development*, karir, *skill development*, pembelajaran individu dan organisasi.

Penelitian serupa diadopsi oleh Umam (2015) yang melakukan penelitian kuantitatif mengenai profil kompetensi kepemimpinan manajer proyek di wilayah Indonesia. Umam (2015) menyarankan untuk selanjutnya dilakukan penelitian yang lebih lanjut untuk membandingkan profil kompetensi kepemimpinan pada industri berbasis proyek dan industri yang berbasis manajemen operasi atau non-proyek. Sehingga akan didapatkan dua profil kepemimpinan yang akan menjadi panduan bagi perusahaan dalam merekrut seorang manajer. Penelitian yang bertujuan untuk membandingkan kepemimpinan antara proyek dan non-proyek sebelumnya telah dilakukan oleh Turner dan Keegan (1999), Keegan dan Hartog (2004), Jacques dkk (2008), Turner dkk (2009) dan Minavand dkk (2013), dan Minavand dkk (2013).

Penelitian yang dilakukan oleh Susanti (2015) telah mengeksplorasi secara kualitatif aspek-aspek menarik pada kepemimpinan di ranah proyek di Indonesia dan didapatkan beberapa hal menarik mengenai kepemimpinan pada proyek di Indonesia seperti definisi kepemimpinan, gambaran kepemimpinan pada proyek di Indonesia, *risk preference*, proyek sukses, pemimpin sukses dan efektif. Namun belum diketahui bagaimana hal ini jika dibandingkan dengan kepemimpinan di ranah non-proyek sehingga dapat digali banyak hal yang menarik, maka dari itu perlu diadakan penelitian sejenis untuk menggali perbedaan profil kepemimpinan antara proyek dan kepemimpinan pada non-proyek. Sehingga penulis melakukan penelitian tersebut untuk menggali keunikan kepemimpinan proyek dibandingkan dengan kepemimpinan pada non-proyek di Inonesia.

Penelitian-peneitian yang relevan dengan penelitian ini kemudian dipetakan sehingga didapatkan posisi penelitian yang dilakukan saat ini pada Tabel 1.1.

Tabel 1.1 Posisi Penelitian

Peta Penelitian	Kepemimpinan pada Proyek	Kepemimpinan Non-proyek
<i>World Wide</i>	Turner dan Keegan (1999), Keegan dan Hartog (2004), Jacques dkk (2008), Turner dkk (2009), Minavand dkk (2013), Minavand dkk (2013)	Young dan Dulewics (2006)
	Yakhchali dan Farsani (2013), Zimmerer (1998), Makilouko (2004), Turner dan Muller (2005), Turner dan Muller (2007), Curran dkk (2009)	
Indonesia	Umam (2015), Susanti (2015)	
	<b>Penelitian ini</b>	

## 2. Metodologi

### 2.1. Subyek Penelitian

Subyek penelitian ini adalah manajer non-proyek atau seseorang yang menduduki posisi pemimpin dalam suatu bagian pada suatu organisasi dimana kegiatan yang dipimpinnya adalah kegiatan yang bersifat rutin dan terus menerus. Pengalaman yang dipersyaratkan adalah minimal



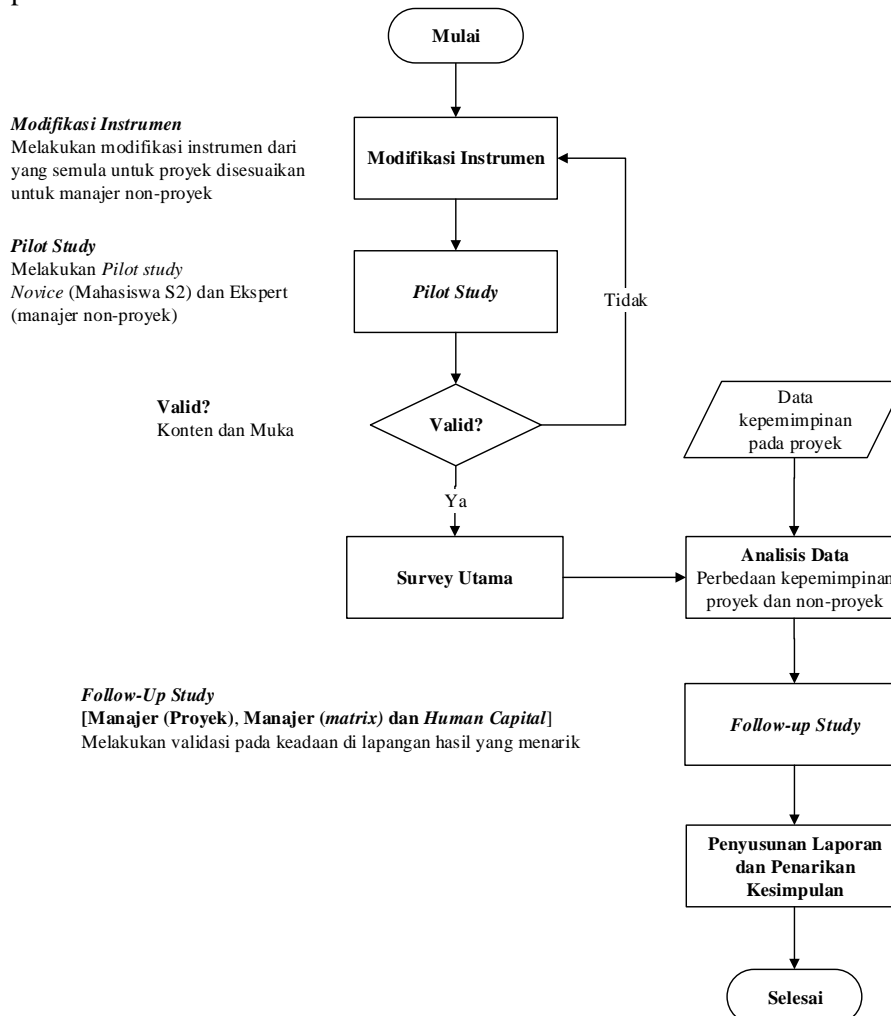
dua tahun dalam memimpin. Hasil dari karakteristik yang ditemukan pada manajer non-proyek kemudian akan dibandingkan dengan hasil penelitian dalam ranah proyek yang telah dilakukan pada penelitian Susanti (2015).

## 2.2. Teknik Pengambilan Sampel dan Ukuran Sampel

Teknik sampling yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan kombinasi antara *purposive/judgement sampling* dengan *snowball sampling*. *Snowball sampling* adalah teknik pengambilan sampel dengan meminta partisipan untuk menyarankan atau memberikan rekomendasi partisipan lain yang sesuai dengan karakteristik. Jumlah sampel yang didapatkan dari penelitian ini adalah sebanyak 94 manajer non-proyek dengan hasil perhitungan *margin of error* sebesar 13,5%.

## 2.3. Tahapan Penelitian

Penelitian ini dimulai dengan memodifikasi kuesioner yang telah dikembangkan pada penelitian proyek untuk dibawa pada ranah non-proyek, jika dinilai valid maka kuesioner akan disebar. Hasil yang didapatkan dari manajer non-proyek kemudian akan dibandingkan dengan manajer proyek hasil dari penelitian sebelumnya, dilakukan *follow-up study* dan hasil disusun dengan sistematis pada laporan. Tahapan alur penelitian digambarkan dengan diagram alir penelitian pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Diagram Alir Penelitian





### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Profil Responden

Jumlah data yang didapatkan adalah sebanyak 94 data dari manajer non-proyek, dalam pengolahannya akan dibandingkan dengan data 89 manajer proyek yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya oleh Susanti (2015). Berdasarkan jabatannya untuk proyek proporsi terbanyak adalah manajer proyek, sementara pada manajer non-proyek proporsi terbanyak adalah *middle manager*. Berdasarkan tipe Industri untuk proyek proporsi terbanyak adalah berasal dari perusahaan EPC (*Engineering, Procurement, and Construction*) sedangkan pada non-proyek proporsi terbanyak adalah berasal dari perusahaan manufaktur. Berdasarkan skala perusahaannya baik proyek maupun non-proyek berasal dari perusahaan dengan skala besar.

#### 3.2. Definisi Kepemimpinan

Responden diminta untuk mengisi lima kata yang terlintas ketika mendengar “kepemimpinan” dengan tipe jawaban terbuka. Kata-kata yang memiliki kesamaan makna terlebih dahulu disamakan menggunakan istilah yang sama kemudian diolah menggunakan *software text analyzer* untuk mengetahui ringkasan pengelompokan kata. Hasil pengelompokan dari manajer proyek kemudian dibandingkan dengan hasil pengelompokan dari manajer non-proyek dengan mencari kelebihan karakteristik yang dimiliki manajer proyek. Hasil ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Definisi Kepemimpinan

No	Kata	Proyek (Susanti, 2015)		Non-proyek	
		Peringkat	Frekuensi	Peringkat	Frekuensi
1	Tegas	1	17	1	25
2	Teladan	1	17	2	23
3	Tanggung Jawab	1	17	4	11
4	Visi	2	14	3	16
5	Motivasi	2	14	-	-
6	Keputusan	3	13	-	-
7	Kharisma	4	10	-	-
8	Bijaksana	5	9	7	8
9	Disiplin	5	9	7	8
10	Jujur	6	8	6	10

Hasilnya adalah, secara umum terdapat kesamaan atribut yang dimiliki oleh manajer proyek dan manajer non-proyek, diantaranya adalah tegas, teladan, tanggung jawab, bijaksana, disiplin dan jujur. Keunikan atribut dari manajer proyek adalah motivasi, pengambil keputusan dan karisma, sedangkan manajer non-proyek lebih pada pengaruh, tujuan, dan organisasi. Untuk mendapatkan penjelasan yang lebih komprehensif maka dilakukan *follow-up* pada manajer yang ekspert di bidangnya. Pada proyek kemampuan motivasi sangat penting karena dengan kondisi proyek yang penuh dengan *deadline* maka dibutuhkan motivasi sehingga anggota tetap dapat menghasilkan performa maksimal, pengambilan keputusan pada proyek sangat sering dilakukan karena tingkat ketidakpastian yang sangat tinggi dan dibutuhkannya karisma karena dalam tim proyek yang terdiri dari berbagai latar belakang dan disiplin sehingga dapat dipercaya.

Responden juga ditanyai mengenai definisi kepemimpinan menurut persepsi masing-masing. Hasil yang didapatkan adalah pada proyek pemimpin lebih berperan sebagai *leader*, sedangkan pada non-proyek pemimpin lebih berperan sebagai manajer. Hasil penelitian ini sama dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Minavand (2013) dengan lingkup *world-wide* yang menghasilkan bahwa manajer proyek memimpin dengan *task oriented* dan *people oriented* sehingga lebih sesuai dengan karakter *leader* sedangkan manajer non-proyek hanya *task oriented* sehingga sesuai dengan karakter manajer.



### 3.3. Karakter

Untuk mengetahui bagaimana perbedaan karakter kepemimpinan pada proyek dibandingkan non-proyek, responden diminta untuk menjawab pertanyaan mengenai tantangan kepemimpinan di Indonesia. Kemudian kata-kata diolah menggunakan *software text analyzer*. Hasil ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Tantangan Kepemimpinan

No	Tantangan	Proyek Proyek (Susanti, 2015)		Non-proyek	
		Frekuensi	Peringkat	Frekuensi	Peringkat
1	<i>Culture</i> /budaya	15	1	5	2
2	<i>On-schedule</i>	11	2	-	-
3	Regulasi	7	3	-	-
4	SDM	7	3	4	3
5	Disiplin	5	4	3	4
6	Korupsi	5	4	-	-
7	<i>Cost</i>	4	5	-	-
8	Kualitas	4	5	-	-
9	Masalah sosial	4	5	-	-
10	Motivasi pada tim	4	5	-	-
11	Inovasi	-	-	7	1
12	Rutinitas	-	-	7	1
13	Kebosanan	-	-	4	3
14	Efektif	-	-	4	3
15	Efisien	-	-	4	3
16	Politik	-	-	3	4
17	Kaku	-	-	3	4

Hasilnya adalah terdapat persamaan tantangan yang dihadapi oleh manajer proyek dan non-proyek yaitu budaya/*culture*, kualitas SDM, dan kedisiplinan. Tantangan yang dihadapi oleh manajer proyek adalah *on-schedule*, regulasi, dan korupsi. Sedangkan untuk manajer non-proyek lebih menghadapi tantangan rutinitas, kebosanan dan inovasi. Hasil ini jika dibandingkan dengan penelitian Minavand (2013) dalam lingkup *world-wide* manajer proyek akan menghadapi tantangan *crosscultural team*, *authority*, dan *workforce motivation*. Sedangkan menurut Kumar dan Suresh (2009) manajer non-proyek akan menghadapi tantangan perubahan teknologi yang cepat dan kualitas produk yang dipasarkan.

### 3.4. Risk Preference

Untuk mengetahui *risk attitude* yang membawa manajemen kepada kesuksesan, responden diminta untuk menjawab pertanyaan mengenai bagaimana *risk attitude* apa yang harus dimiliki untuk seorang manajer yang dapat membawa pada kesuksesan, jawaban responden kemudian dikelompokkan berdasarkan pilihannya. Hasil ditunjukkan pada Tabel 3.3 dan Tabel 3.4.

Tabel 3.3 Risk Attitude

No	Risk Attitude	Proyek (Susanti, 2015)		Non-proyek	
		Jumlah	Persentase	Jumlah	Persentase
1	<i>Risk Taker</i>	41	46%	53	56%
2	<i>Risk Neutral</i>	19	21%	21	22%
3	<i>Risk Averse</i>	18	20%	15	14%
4	Lainnya	11	12%	5	7%
	<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>	<b>94</b>	<b>100%</b>



Tabel 3.4 Definisi Resiko

No	Kategori	Proyek (Susanti, 2015)		Non-proyek	
		Jumlah	Persentase	Jumlah	Persentase
1	<i>Negative outcomes</i>	34	38,2%	39	41%
2	Hal yang pasti muncul dan harus dihadapi	16	18,0%	23	24%
3	Dapat berupa hal positif dan hal negatif	14	15,7%	5	5%
4	<i>Uncertain situation/effect</i>	7	7,9%	3	3%
5	Sesuatu yang dapat di <i>maintain</i>	6	6,7%	4	4%
6	Hal yang perlu diantisipasi dari dini	4	4,5%	1	1%
7	Peluang untuk menjadikan maju	1	1,1%	-	-
8	Akibat dari manajemen/kesalahan manajer	-	-	5	5%
9	Perubahan, akibat rutinitas, <i>comfort zone</i>	-	-	9	10%
10	Konsekuensi dari keputusan	-	-	1	1%
11	<i>Missing data</i>	7	7,9%	1	1%
	<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>	<b>94</b>	<b>100%</b>

Hasil didapatkan baik pada proyek dan non-proyek lebih cenderung mengambil resiko/*risk taker*. Hasil yang didapatkan sama dengan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Wang dan Yuan (2011) pada ranah proyek dan March dan Saphira (1987) dalam ranah non-proyek.

Hasil menarik juga ditemukan bahwa pada proyek yaitu memiliki perhatian lebih terhadap resiko hal ini karena ketidakpastiann dalam proyek sangatlah tinggi dibanding dengan non-proyek.

### 3.5. Pemimpin Sukses dan Efektif

Responden ditanyai mengenai faktor yang diduga berpengaruh dengan kesuksesan dan keefektifan pemimpin. Beberapa faktor yang ditanyakan diantaranya adalah pengaruh IQ, EQ, kesuksesan akademik, umur dan sertifikasi terhadap kesuksesan pemimpin. Selain itu juga faktor jenis kelamin/*gender*, dan etnis/suku pada efektifitas pemimpin. Hasil ditunjukkan pada Tabel 3.5 dan Tabel 3.6.

Tabel 3.5 Faktor yang Mempengaruhi Kesuksesan Kepemimpinan

No	Faktor	Sub-Grup	
		Proyek	Non-proyek
1	IQ	√	√
2	EQ	√	√
3	Umur	x	x
4	Kesuksesan Akademik	√	√
5	Sertifikasi	√	x

Tabel 3.6 Faktor yang Mempengaruhi Keefektifan Kepemimpinan

No	Faktor	Sub-Grup	
		Proyek	Non-proyek
1	Jenis Kelamin/ <i>Gender</i>	x	x
2	Suku/Etnis	x	x



Hasil menunjukkan bahwa faktor IQ berpengaruh pada kesuksesan pemimpin baik pada proyek maupun non-proyek. Hasil *follow-up study* dengan wawancara praksisi, IQ berpengaruh pada alternatif pengambilan keputusan oleh pemimpin dan juga berperan saat pembagian tugas pada tim. Penelitian yang dilakukan oleh Turner dkk (2009) juga menunjukkan IQ berpengaruh pada performa manajer proyek. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Dulewicz dan Higgs (2005) pada ranah non-proyek.

Hasil didapatkan EQ juga berpengaruh pada kesuksesan pemimpin baik pada proyek maupun non-proyek. EQ sangat berpengaruh dalam memimpin karena kecerdasan emosional sangat berpengaruh dalam hubungan dengan orang lain untuk meraih tujuan tertentu. Penelitian yang dilakukan oleh Turner dkk (2009) juga menunjukkan EQ berpengaruh pada performa manajer proyek. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh Dulewicz dan Higgs (2005) pada ranah non-proyek.

Berdasarkan hasil penelitian, faktor kesuksesan akademik juga berpengaruh pada kesuksesan pemimpin. Setelah dilakukan *follow up-study* dan pengolahan yang lebih lanjut, ternyata pada proyek faktor akademik menjadi faktor yang tidak terlalu berpengaruh pada kesuksesan pemimpin, pada proyek pengalaman menangani proyek lebih berpengaruh pada kesuksesan dibandingkan dengan kesuksesan akademik. Hal ini didukung dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa sertifikasi lebih berpengaruh pada proyek sedangkan pada non-proyek tidak berpengaruh.

Hasil didapatkan umur baik pada proyek dan non-proyek tidak mempengaruhi pada kesuksesan kepemimpinan. Begitu pula *gender* dan juga suku/etnis yang tidak berpengaruh pada efektifitas pemimpin. Hasil yang sama didapatkan pada penelitian sebelumnya yaitu Turner dkk (2009) dan Dolfi dan Andrews (2007) yang mendapatkan hasil bahwa jenis kelamin tidak berpengaruh dalam menjalankan peran sebagai pemimpin.

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

##### **4.1. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian maka dapat diambil kesimpulan bahwa di Indonesia perbedaan karakteristik manajer proyek dan non-proyek, yaitu manajer proyek memimpin menggunakan pendekatan konsep *leader* sedangkan manajer non-proyek lebih menggunakan konsep manajer, tantangan yang ada pada proyek adalah *on-schedule*, regulasi, disiplin dan korupsi sedangkan pada non-proyek yaitu rutinitas, dan kebosanan sehingga pentingnya inovasi, resiko mendapatkan perhatian yang lebih pada proyek dibanding non-proyek, pada proyek IQ, EQ, akademik dan sertifikasi menjadi hal yang berpengaruh pada kesuksesan, sedangkan pada non-proyek sertifikasi tidak berpengaruh, dan jenis kelamin dan suku tidak berpengaruh pada efektifitas baik pada manajer proyek dan non-proyek.

##### **4.2. Saran**

Saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya adalah penelitian dapat dilakukan pada industri yang lebih spesifik.

#### **Daftar Pustaka**

- Curran C.S., Niedergassel, B., Picker, S., dan Leker, J., 2009, Project Leadership Skills in Cooperative Projects, *Management Research News*, Vol. 32 No. 5, pp. 458–468.
- Dolfi, J., dan Andrews, E.J., 2007, The Subliminal Characteristics of Project Managers: An Exploratory Study of Optimism Overcoming Challenge in the Project Management Work Environment, *International Journal of Project Management* 25, pp. 674–682.
- Dulewicz, V., dan Higgs, M. J., 2005, Assessing Leadership Styles and Organisational Context, *Journal of Managerial Psychology*, Vol. 20 No. 1, pp. 105-23.
- Jacques, P.H., Grager, J., dan Thomas, M., 2008, Assessing Leader Behaviors In Project Managers, *Management Research News*, Vol. 31, No. 1 2008, pp. 4-11.



- Keegan, A. E., dan Hartog, D. N., 2004, Transformational Leadership in a Project-Based Environment: A Comparative Study of Leadership Style of Project Managers and Line Managers, *International Journal of Project Management*, 22 (8), pp. 609-618.
- Kumar, S. A., dan Suresh, N., 2009, *Operation Management*, New Delhi: New Age International.
- Minavand, H., Minaei, V., Mokhtari, S. E., Izadian, N., Jamshidian, A., 2013, Project Managers Vs Operations Managers: A comparison based on the style of leadership, *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, Vol. 12, Issue 5 (Jul. - Aug. 2013), pp. 56-61.
- Minavand, H., Farahmandian, S., dan Minaei, V., 2013, HR Challenges of Project Managers, *IOSR Journal of Business and Management (IOSR-JBM)*, Vol. 12, Issue 5 (Jul. - Aug. 2013), pp. 40-45.
- Mäkilouko, M., 2004, Coping with Multicultural Projects: The Leadership Styles Of Finnish Project Managers. *International Journal of Project Management*, 22(5), pp. 387-396. PMI. 2013. Introduction. 5<sup>th</sup> Edition *Project Management Body of Knowledge*.
- March, J.G., dan Saphira, Z., Managerial Perspectives on Risk and Risk Taking, *Management Science*, Vol. 33, No. 11, November 1987 Printed in U.S.A.
- Susanti, D, A., 2015., *Profil Kepemimpinan Manajer Proyek di Indonesia*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta
- Turner, J. R., Muller, R., dan Dulewicz, V., 2009, Comparing The Leadership Styles Of Functional And Project Managers, *International Journal of Managing Projects in Business*, Vol. 2 Iss 2 pp. 198 – 216.
- Umam, M., 2015, *Profil Kompetensi Kepemimpinan Manajer Proyek di Indonesia*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Yakhchali, S.H., dan Farsani, H.H., 2013, Do Different Project Categories Need Different Leadership Styles?, *2nd International Conference on Management, Behavioral Sciences and Economics Issues (ICMBSE'2013)*, March 17-18, 2013 Dubai
- Yang, L.R., Huang, C.F., dan Wu, K.S., 2011, The Association Among Project Manager's Leadership Style, Teamwork And Project Success, *International Journal of Project Management*, 2011, Vol. 29, pp. 258–267.
- Zimmerer, T., dan Yasin, M., 1998, A Leadership Profile of American Project Managers, *Project Management Journal*. Mar 1998, Vol. 29, Issue 1, p. 31.



## Analisis Perbandingan Tingkat Usabilitas Pada *Webmail Services* (Gmail & Hotmail)

Hasan Mastrisiswadi<sup>1</sup>, Faradila Ananda Yul<sup>2</sup>, Devy Dwi Orshella<sup>3</sup>, Yusri  
Habibah<sup>3</sup>, Rini Dharmastiti<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Riau, Pekanbaru

<sup>3</sup>Program Pascasarjana Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas  
Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>4</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada,  
Yogyakarta

E-mail: hasanpahlawan@gmail.com

### Intisari

*Gmail merupakan webmail services yang memegang rating tertinggi di Indonesia mengalahkan pelopornya, yaitu Hotmail yang delapan tahun lebih dulu menyediakan layanan tersebut. Penelitian ini dilakukan untuk membandingkan dan mencari tahu bagaimana Gmail dapat mengalahkan rating Hotmail yang beroperasi lebih lama dari sisi usabilitasnya. Penelitian dilakukan dengan metode observasi langsung pada pengguna expert dan juga novice untuk 10 task yang biasa digunakan. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan bahwa Gmail lebih baik dari sisi learnability dan juga memorability. Sementara itu, Hotmail memberikan tingkat error yang lebih kecil serta tingkat efficiency yang lebih baik. Dalam penelitian ini juga didapatkan hasil bahwa pengguna expert cenderung puas sedangkan pengguna novice merasa kurang puas terhadap kedua webmail yang digunakan.*

*Kata Kunci: Usabilitas, Webmail, Gmail, Hotmail.*

### 1. Pendahuluan

*Webmail* merupakan salah satu fasilitas untuk mengelola informasi yakni mengakses *email*, yang disediakan oleh penyedia layanan berupa aplikasi dengan berbasis web. Selain aspek komersial, e-mail juga digunakan untuk keperluan pribadi bagi setiap orang yang memiliki komputer dengan koneksi internet. Menurut situs Antara News (2014), dari total populasi Indonesia sebesar 248 juta jiwa, 71,9 juta diantaranya adalah pengguna internet aktif atau sekitar 28,9%. Jumlah tersebut meningkat 13% dibanding tahun sebelumnya yang mencapai 63 juta jiwa. Pada total pengguna tersebut, 91% diantaranya mengakses internet untuk membuka dan mengirim *email*. Jumlah ini menempati peringkat keempat dari 24 negara yang disurvei. Sedangkan pada skala global, 85% dari total pengguna internet membuka dan mengirim email saat mereka sedang *online* (Sinaga, 2014).

Ada banyak produk *webmail* di dunia ini, dua diantaranya adalah Gmail dan Hotmail (Outlook). Gmail merupakan *webmail services* yang memegang rating tertinggi di Indonesia menurut situs Statista (2014). Walaupun baru 10 tahun dirilis, Gmail dapat berada di posisi teratas mengalahkan pelopornya, yakni Hotmail (Outlook) yang telah beroperasi selama 18 tahun. Sedangkan untuk posisi dunia berdasarkan situs Alexa (2014), Gmail menempati peringkat ke 138 situs yang paling sering diakses dan Hotmail (Outlook) hanya bisa menempati peringkat ke 523.

Persaingan antara kedua penyedia jasa *webmail services* tersebut tidak terlepas dari kaitannya dengan kualitas. Adapun salah satu atribut dalam kualitas tersebut adalah tingkat

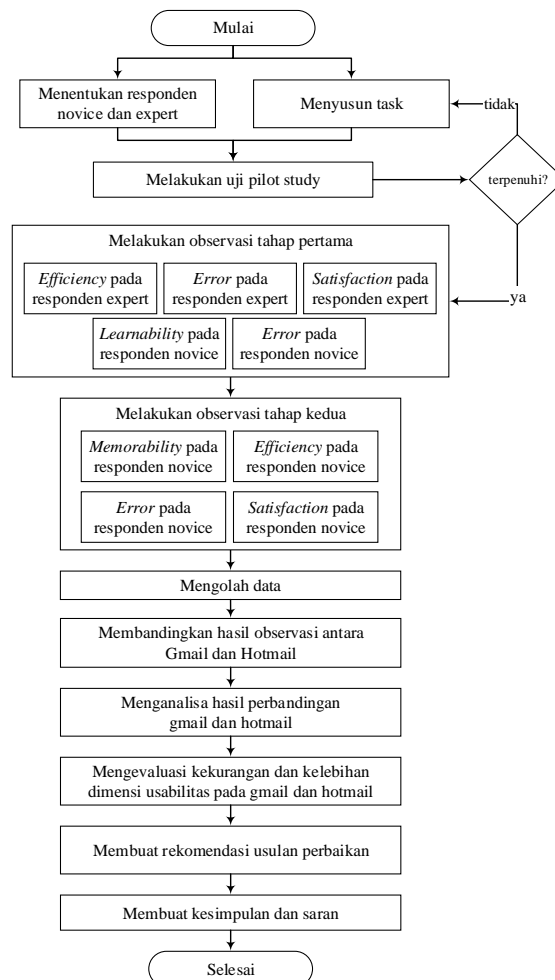


usabilitasnya. Menurut Nielsen (1993), usability merupakan atribut kualitas untuk mengukur seberapa mudah suatu produk ataupun *interface* yang digunakan. Komponen yang dapat diukur untuk mengevaluasi usability *webmail* tersebut antara lain adalah tingkat kemudahan untuk digunakan (*learnability*), *efficiency*, kemudahan mengingat (*memorability*), *error rate*, serta kepuasan yang dirasakan oleh pengguna.

Penelitian ini dilakukan guna mengevaluasi dan membandingkan tingkat usability dari kedua produk, yakni Gmail sebagai *webmail* yang paling banyak digunakan dan Hotmail (Outlook) yang merupakan penyedia *webmail services* pertama di dunia. Hasil akhir dari penelitian ini berupa rekomendasi perbaikan yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kepuasan konsumen dalam menggunakan dua produk *webmail* tersebut, maupun masukan bagi para pengembang *webmail* lainnya.

## 2. Metodologi

Dalam penelitian ini, kedua *webmail* tersebut akan dibandingkan tingkat usabilitynya menggunakan lima dimensi usability oleh Nielsen, yaitu: *learnability*, *efficiency*, *memorability*, *errors* dan *satisfaction*. Dalam penelitian ini juga digunakan beberapa metode untuk pengambilan data seperti observasi, kuesioner beserta interview, *Focus Group Discussion*, *Logging Actual Use*, *User Feedback*. Selain itu, terdapat pula metode *System Usability Scale* atau SUS yang dikembangkan oleh Brooke (1996) untuk mengukur variable *satisfaction*.



Gambar 1. Metodologi Penelitian

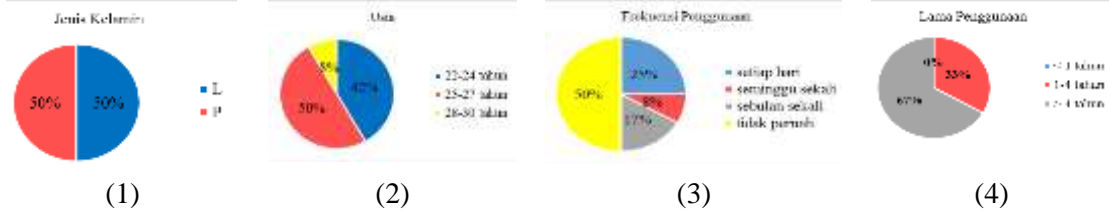


Penelitian ini menggunakan empat subjek kategori yaitu Gmail *Expert*, Gmail *Novice*, Hotmail *Expert*, dan Hotmail *Novice* masing-masing tiga orang. Responden *expert* adalah responden yang telah menggunakan *webmail* yang menjadi objek penelitian lebih dari 1 tahun. Sedangkan responden *novice* dipilih berdasarkan pengalaman mereka yang belum pernah menggunakan *webmail* tersebut. Penelitian dilakukan pada 10 *task* yang biasa digunakan dalam menggunakan *webmail* sebanyak empat kali percobaan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a. Karakteristik responden

Adapun karakteristik responden dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2. Untuk jenis kelamin, perbandingan jumlah laki-laki dan perempuan adalah sama yaitu 50% dan 50%. Untuk usia responden, responden yang berusia 22-24 tahun memiliki persentase sebanyak 42%, responden yang berusia 25-27 tahun sebanyak 50% dan responden yang berusia 28-30 tahun sebanyak 8%. Untuk frekuensi penggunaan, jumlah responden yang menggunakan *webmail* setiap hari ada sebanyak 25%, yang menggunakannya seminggu sekali ada sebanyak 8%, yang menggunakannya sebulan sekali ada 17%, dan yang belum pernah menggunakannya (*novice*) ada 50%. Sedangkan untuk lama penggunaan *webmail* (*expert*), responden yang menggunakan *webmail* lebih dari empat tahun sebanyak 67%, yang menggunakannya antara 1-4 tahun sebanyak 33% dan tidak ada responden yang baru saja menggunakan (kurang dari setahun) *webmail service*.



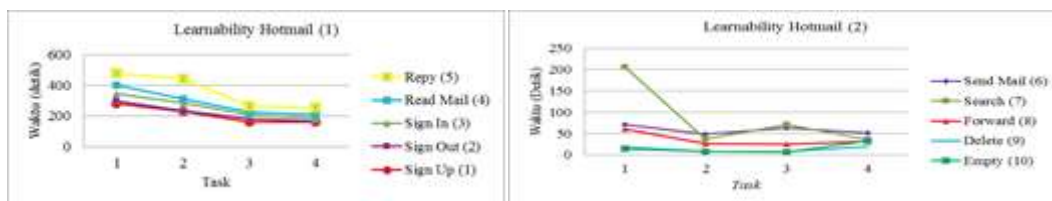
Gambar 2. Grafik perbandingan jenis kelamin (1), usia (2), frekuensi penggunaan (3), dan lama penggunaan (4) responden

#### b. Tingkat usabilitas

Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan tingkat usabilitas masing-masing produk yang dibandingkan berdasarkan hasil pengolahan data masing-masing dimensi berikut.

##### 1. Learnability

*Learnability* adalah proses belajar seseorang terhadap sistem dari *novice* menjadi *expert*. Sistem yang baik mempunyai nilai *learnability* yang rendah, yakni menandakan mudah digunakan sehingga responden dapat menyelesaikan tugasnya dengan cepat. Hasil pengukuran *learnability* pada responden Hotmail dan Gmail dapat dilihat pada Gambar 3 dan 4 berikut.



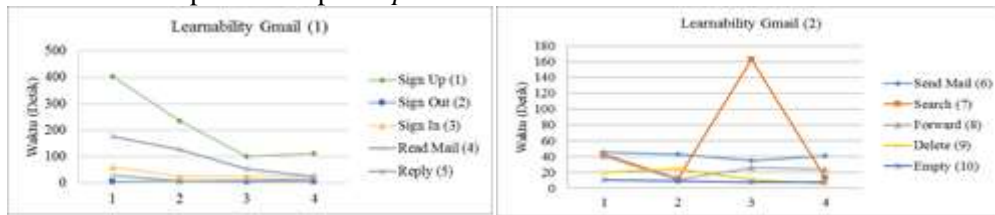
Gambar 3. Grafik *learnability* Hotmail (1) dan (2)

Pada Gambar 3 menunjukkan penurunan waktu rata-rata dari percobaan satu selama 849 detik hingga pada percobaan ke-empat menjadi 430 detik. Grafik untuk *task search* menghabiskan banyak waktu untuk stage satu dikarenakan ada masalah koneksi jaringan tiba-tiba menurun. Sedangkan pada percobaan ketiga dan keempat, responden telah berhasil mencapai proses *learning* yang ditunjukkan dengan waktu rata-rata penyelesaian yang cenderung stagnan. Adapun nilai selisih yang dirata-rata dari percobaan 3 menuju percobaan 4 menghasilkan nilai terkecil





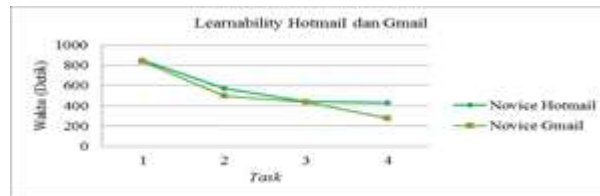
dibandingkan percobaan sebelumnya, yang menunjukkan bahwa waktu efisien menyelesaikan seluruh *task* pada percobaan 3. *Novice Hotmail* memerlukan waktu untuk belajar sekitar tiga kali percobaan untuk sampai ke tahapan *expert*.



Gambar 4. Grafik *learnability* Gmail (1) dan (2)

Pada Gambar 4 menunjukkan waktu rata-rata penyelesaian *task* menurun dan cenderung stagnan hingga percobaan keempat. *Task search* untuk percobaan ketiga mengalami koneksi jaringan yang menurun sehingga waktu yang dihabiskan cukup banyak. Adapun nilai selisih yang dirata-rata dari percobaan 3 menuju percobaan 4 menghasilkan nilai terkecil dibandingkan percobaan sebelumnya. Sehingga disimpulkan *novice* perlu waktu *learnability* dalam menggunakan *Gmail* sebanyak tiga kali percobaan.

Perbandingan *learnability* Gmail dan Hotmail setiap *task* digambarkan dengan grafik pada Gambar 5 berikut.

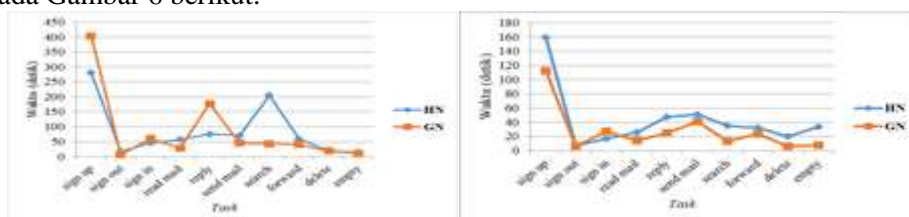


Gambar 5. Grafik *Learnability* Hotmail dan Gmail

Pada Gambar 5 menunjukkan perbandingan tingkat *learnability* Gmail dan Hotmail. Kedua *webmail* memiliki hasil yang serupa pada replikasi pertama, namun sedikit berbeda pada replikasi ketiga. Pada replikasi ketiga, total waktu yang dimiliki oleh Gmail hampir sama dengan Hotmail dikarenakan adanya masalah pada *task search*. Namun demikian, apabila fungsi *search* yang mengalami masalah ini dihilangkan, grafik *learnability* untuk Gmail dan Hotmail tidak jauh berbeda, dimana pada replikasi keempat, waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan semua *task* hampir sama dengan replikasi ketiga yang menandakan *learnability*nya telah tercapai pada replikasi keempat.

## 2. Efficiency

Dimensi *efficiency* dalam penelitian ini mengukur tingkat kecepatan responden dalam menyelesaikan *task* setelah mereka mempelajari cara penggunaan *webmail*. Data yang diambil berupa waktu rata-rata responden dalam menyelesaikan 10 *task* sebelum responden mengenal *webmail* dan setelah mahir menggunakan *webmail* tersebut. Perbandingan tingkat *efficiency* pada Gmail dan Hotmail yang dilakukan responden *novice* pada replikasi pertama dan terakhir disajikan pada Gambar 6 berikut.



Gambar 6. Perbandingan *efficiency* pada replikasi pertama (kiri) dan replikasi kedua (kanan)



Pada Gambar 6 (kiri) menunjukkan bahwa lama waktu pengerjaan semua *task* oleh responden Gmail maupun Hotmail cenderung sama. Perbedaan waktu yang signifikan terlihat pada *task sign up* dan *reply*, dimana waktu rata-rata penyelesaian pada responden Hotmail lebih singkat. Sedangkan pada *task search*, responden Gmail dapat menyelesaikannya dengan waktu rata-rata lebih singkat.

Pada Gambar 6 (kanan) merupakan grafik saat responden sudah mengulang *task* yang sama untuk keempat kalinya. Grafik menunjukkan waktu penyelesaian rata-rata pada responden Gmail maupun Hotmail hampir sama, walaupun Gmail cenderung lebih cepat. Perbedaan yang signifikan hanya terlihat pada *task sign up*, dimana responden Hotmail menyelesaikan *task* tersebut lebih lama dibandingkan dengan responden Gmail.

Adapun pengukuran *efficiency* pada responden *expert* menunjukkan seberapa cepat responden yang telah terbiasa menggunakan produk tersebut dalam menyelesaikan *task*-nya. Hasil pengukuran disajikan pada Gambar 7 berikut.

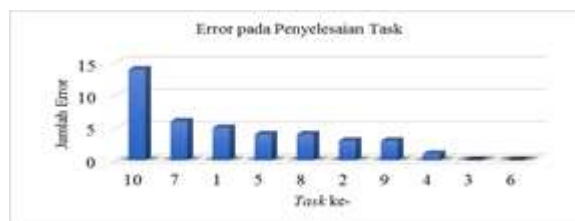


Gambar 7 Perbandingan *Efficiency* Gmail expert dan Hotmail Expert

Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa Gmail terlihat lebih baik, dimana data efisiensi ini diambil dari total pengerjaan keseluruhan *task* oleh responden *expert*. Lama waktu rata-rata penyelesaian seluruh *task* oleh responden Hotmail adalah 387 detik sedangkan responden Gmail yaitu 583 detik.

### 3. Error

Dimensi *error* dalam penelitian ini dinilai untuk mengetahui seberapa banyak dan serius kesalahan pada pengerjaan *task*, dan seberapa lama responden dapat memperbaiki kesalahan tersebut hingga dapat menyelesaikan *task*. Data yang diambil berupa jumlah kesalahan yang dibuat pada tiap-tiap *task*. Jumlah *error* yang paling banyak terjadi pada tiap *task* secara berturut-turut disajikan pada Gambar 8 berikut.



Gambar 8. Diagram Pareto Terjadinya *Error*

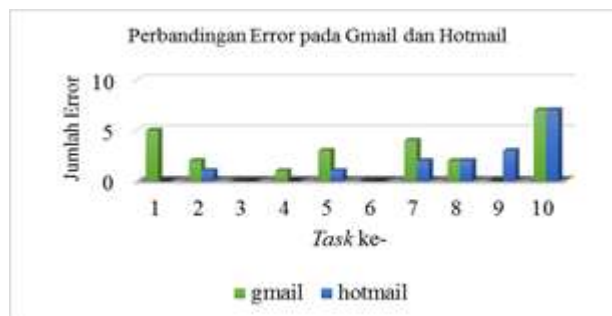
Pada Gambar 8 diketahui bahwa terjadinya *error* paling banyak terjadi pada *task* 10 yakni *empty trash*, dimana pada *task* tersebut responden ditugaskan untuk menghapus *email* secara permanen pada bagian “*trash*”. Sedangkan *error* yang terjadi lainnya berturut-turut pada *task* 7 berupa *search email*, *task* 1 berupa *sign up*, *task* 5 berupa *reply email*, *task* 8 berupa *forward email*, *task* 2 berupa *sign out*, *task* 9 berupa *delete email*, dan *task* 4 berupa *read email*. Sedangkan 2 *task* lainnya berupa *sign in* dan *send mail*, semua responden dapat menyelesaikannya tanpa terjadi kesalahan.

Persentase *Error* atau kesalahan yang terjadi pada masing-masing produk dapat dilihat pada Gambar 9 berikut



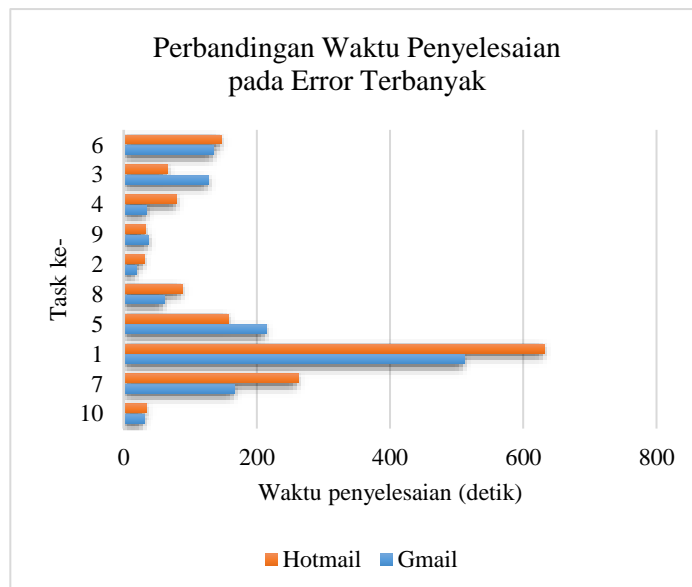
Gambar 9. Grafik Perbandingan *Error* pada Gmail dan Hotmail

Pada Gambar 5.14 diketahui bahwa penyelesaian *task* yang sama pada Gmail memiliki presentase *error* lebih besar yakni 60%, dibanding dengan Hotmail yang memiliki presentase *error* sebesar 40%. Terjadinya *error* pada tiap-tiap *task* disajikan pada Gambar 10 sampai dengan 11 berikut.



Gambar 10 Perbandingan *Error* pada Tiap-tiap *Task*

Pada Gambar 10 diketahui bahwa responden yang menggunakan produk Gmail lebih banyak melakukan *kesalahan* hampir disemua *task*, dibandingkan dengan responden yang menggunakan produk Hotmail. Adapun perbandingan waktu rata-rata penyelesaian tiap-tiap *task* dengan terjadinya *error* dapat dilihat pada Gambar 11 berikut.

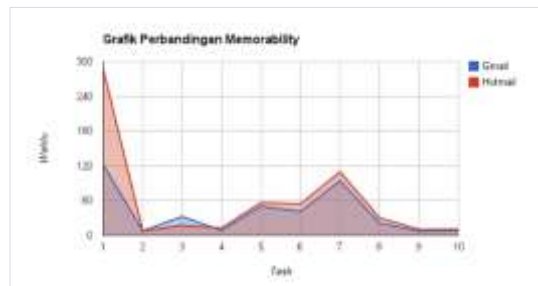


Gambar 11. Perbandingan Waktu Penyelesaian *Task*

Pada Gambar 11 diketahui bahwa waktu rata-rata penyelesaian *task* pada Hotmail cenderung lebih lama dibandingkan dengan waktu rata-rata penyelesaian *task* pada Gmail. *Error* yang terjadi pada Hotmail lebih sedikit dibandingkan dengan Gmail, namun rata-rata waktu penyelesaian *task* pada produk Hotmail lebih tinggi hingga mencapai 19% dibandingkan dengan produk Gmail.

#### 4. Memorability

Dimensi *Memorability* menunjukkan kemampuan sistem pada *webmail* untuk dapat diingat oleh penggunanya, dimana sistem tersebut dapat digunakan lagi setelah sekian periode tidak digunakan tanpa harus mempelajari sistem tersebut dari awal. Rangkaian *task* yang dilakukan merupakan *task* yang sama pada tahap pengukuran *learnability*. Hasil pengukuran *memorability* pada Gmail dan Hotmail disajikan melalui grafik pada Gambar 12 berikut.



Gambar 12. Perbandingan *Memorability*

Pada Gambar 12 menunjukkan hasil yang hampir serupa antara Gmail dan Hotmail untuk setiap *task*. Disamping itu, waktu yang diperlukan untuk penyelesaian *task* pada pengukuran *memorability*, dimana penyelesaian *task* pada pengguna Hotmail cenderung lebih lama dibandingkan pada pengguna Gmail. Hal tersebut dapat dilihat utamanya pada *task* 1 yakni *sign up*.

#### 5. Satisfaction

*Satisfaction* adalah pengalaman yang didapatkan oleh *user* setelah menggunakan sistem tersebut. Apakah pengalaman yang menyenangkan atau sebaliknya. Penilaian variabel ini bersifat subjektif.

Penelitian usability Hotmail dan Gmail menilai kepuasan *user* dengan menggunakan *tools* kuisioner *system usability scale* (SUS) yang sudah tervalidasi dan teruji reliabilitasnya walaupun dengan nilai sampel kecil (Brooke, 2013). SUS dikenal dengan penilaian *quick and dirty*, dikembangkan oleh Brooke tahun 1986. Nilai SUS walaupun fungsi aslinya untuk mengukur kepuasan, namun terdapat dua faktor yang diukur yaitu *learnability* dan *usability* keseluruhan sistem (Sauro dan Lewis, 2009 dalam Brooke, 2013). Rata-rata nilai SUS adalah 68 (Brooke, 2013) nilai diatas 68 bisa dikategorikan *user* punya pengalaman menyenangkan ketika menggunakan sistem begitu juga sebaliknya. Nilai 82 ( $\pm 5$ ) mengindikasikan *user* menjadi promotor atau menyarankan orang terdekat untuk menggunakannya (Brooke, 2013).

Tabel 1 menampilkan nilai SUS rata-rata dan nilai standar deviasinya dengan setiap kelompok responden.

Tabel 1. Nilai SUS (rata-rata dan std dev)

Responden	Average	Std Dev
Expert Hotmail	81,7	12,6
Expert Gmail	72,5	5,0
Novice Hotmail	46,7	12,6
Novice Gmail	54,2	10,1



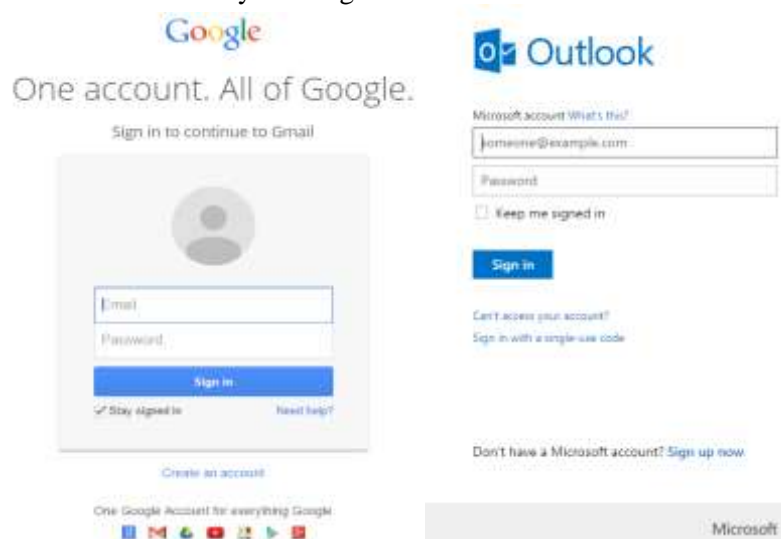
Kelompok *Expert Hotmail* dan *Expert Gmail* mempunyai nilai  $SUS \geq 68$ , menandakan *user* mempunyai rasa puas terhadap *webmail* yang mereka gunakan dan akan terus menggunakannya. Malahan *expert Hotmail* (81,7) cenderung menjadi promotor untuk orang disekelilingnya untuk menggunakan *Hotmail*.

*Novice Gmail* dan *Hotmail* mempunyai nilai rata-rata  $SUS \leq 68$  sehingga responden mungkin punya pengalaman tidak menyenangkan dengan sistem *webmail*nya. Disimpulkan dari keduanya bahwa *webmail Gmail* dan *Hotmail* menyenangkan untuk *expert* di masing-masing sedangkan untuk pengguna *Novice* baik *webmail Gmail* dan *Hotmail* tidak begitu memberikan pengalaman yang menyenangkan sehingga kemungkinan *novice* tidak akan kembali untuk menggunakan *Gmail*, untuk *novice Gmail*, begitu juga *Hotmail*.

### c. Keunggulan dan Permasalahan Usabilitas *Webmail*

Berdasarkan hasil pengukuran dan pengolahan data pada tiap-tiap dimensi usabilitas, berikut analisis yang membahas keunggulan dan permasalahan pada kedua objek penelitian.

1. Responden pada *Gmail* lebih cepat menemukan cara untuk melakukan proses sign up, karena posisi “create an account” berada persis pada kotak untuk melakukan proses “sign in” dan ternyata pada *Gmail* lebih sederhana kata-katanya sehingga respon terhadap kata tersebut lebih cepat. Sedangkan pada *Hotmail*, letak “create an account” berada agak jauh dari “sign in” dan sebelumnya diikuti dengan kalimat “Don’t have a microsoft account?”, memang kalimat ini seperti membantu seseorang, tapi akan membuat seseorang juga berpikir sejenak lebih lama, terutama bagi pengguna yang telah memiliki akun namun ingin membuat akun baru, kata-kata tersebut rasanya kurang cocok.



Gambar 13. Tampilan Kolom *Sign Up Gmail* di sebelah kiri dan *Hotmail (Outlook)* di sebelah kanan

2. Penamaan *user name* pada *Gmail* lebih mudah karena nama akhir akun sama yaitu @*Gmail.com* saja, sedangkan untuk *Hotmail* dibedakan menjadi dua yaitu @*Hotmail.com* dan @*Outlook.com*. Perbedaan ini tentunya juga memberikan efek pada waktu, dimana seseorang akan bimbang ketika berhadapan dengan pilihan, berbeda bila seorang telah “dipaksa” menggunakan apa yang telah menjadi ketentuan dari designer
3. *Password*, sub *task* ini menjadi tempat di mana pengguna mengalami banyak kesulitan, meskipun *password* yang dilakukan pada tes ini sudah ditentukan terlebih dahulu. Permasalahan yang sering terjadi adalah pengguna sering melakukan copy pada *password* yang diketikkan sebelumnya dan di paste pada kolom re-enter *password*. Hal ini menjadi



masalah karena komputer akan membaca *password* sebelumnya bukan dengan huruf atau angka melainkan simbol \*, sehingga bila di paste pada bagian re-enter *password* tentu saja tidak akan match. Saran pada pengembang, kolom untuk *password* baiknya merupakan kolom dimana seseorang tidak dapat melakukan copy, namun untuk kolom re-enter *password*, tidak apa-apa bila ada fungsi paste, karena bisa saja pengguna akan melakukan copy dari tempat lain (misalnya notes) sehingga tetap terbaca huruf atau angka

4. Jumlah sub *task* pada Hotmail lebih banyak daripada Gmail, di mana Hotmail memiliki sub *task* berjumlah 12 dan Gmail memiliki 10 sub *task* saja. Perbedaannya terletak pada zip code dan kode telepon yang terpisah pada Hotmail. Selain itu, pada Gmail, untuk verifikasi keaslian responden dengan menggunakan gambar dapat dilakukan proses “skip”, sedang untuk Hotmail tidak.
5. Sub *task* pengisian *password* pada Gmail cenderung lebih sulit dibanding Hotmail. Hal tersebut dikarenakan tidak ada informasi yang menyebutkan syarat *password* tersebut dapat diterima oleh sistem. Saat *user* melakukan kesalahan dalam mengisi *password*, sistem baru memunculkan informasi mengapa *password* tersebut tidak dapat diterima. Hal tersebut dapat terjadi berulang kali, hingga *password* yang diisi oleh *user* memenuhi semua syarat ketentuan yang ada pada sistem. Berbeda dengan Gmail, sebelum *user* mengisi *password*, terdapat informasi syarat yang dibutuhkan pada Hotmail. Sehingga *user* tidak perlu mengira-ngira *password* seperti apa yang dapat diterima oleh sistem.
6. Fitur “trash” pada Gmail maupun Hotmail tidak berfungsi dengan baik. Sebagian besar responden menyamakan fitur *empty trash* dengan fitur *delete email*. Padahal kedua hal tersebut berbeda, dimana pada *empty trash* berfungsi untuk menghapus *email* secara permanen.

#### d. Rekomendasi Perbaikan

Rekomendasi perbaikan yang dapat diberikan berdasarkan permasalahan yang ada diuraikan sebagai berikut:

1. Permasalahan tampilan akun pada Hotmail, akan lebih baik bila menggunakan kalimat “Do you want to make new account?” atau bila perlu langsung dengan “Create new account” tanpa tambahan kata di depannya.
2. Permasalahan penamaan *user name* pada Hotmail, akan lebih baik bila tidak terdapat pilihan Hotmail ataupun Outlook.
3. Permasalahan sub *task* pembuatan *password* pada kedua *webmail*, akan lebih baik jika terdapat informasi ataupun perintah untuk tidak mengcopy *password* untuk kemudian dipaste pada kolom re-enter *password*.
4. Permasalahan verifikasi *email* pada Hotmail, akan lebih baik jika ditambahkan fitur *skip* seperti pada Gmail. Pada umumnya pengguna akan menghabiskan waktu pada proses tersebut karena salah membaca kode yang ada pada gambar.
5. Permasalahan pengisian *password* pada Gmail, akan lebih baik jika ditambahkan informasi syarat *password* seperti pada Hotmail. Hal tersebut agar *user* tidak membuang waktu hingga dapat mengisi *password* yang dapat diterima oleh sistem.
6. Permasalahan fitur *empty trash* pada Gmail maupun Hotmail, akan lebih baik jika ditambahkan informasi mengenai fungsi dari fitur tersebut, terutama saat *user* telah menghapus pesan dengan fitur *delete*. Informasi dapat ditambahkan berupa saran apakah pesan tersebut ingin dihapus secara permanen melalui fitur *empty trash*.



#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### a. Kesimpulan

Perbandingan tingkat usability pada Gmail dan Hotmail pada dimensi *learnability* yakni, Gmail lebih baik dibanding Hotmail terutama untuk pengguna awam, dimana proses *learnability* pada Gmail cenderung lebih cepat untuk mencapai konstan dibanding Hotmail.

Pada dimensi *efficiency*, Hotmail dapat digunakan dengan waktu lebih singkat untuk menyelesaikan *task* dibanding pada Gmail. Disamping itu pada dimensi *error*, kesalahan lebih banyak terjadi pada Gmail dibanding Hotmail. Namun disisi lain, dimensi *memorability* pada Gmail lebih baik dibanding Hotmail, dimana *user* lebih baik dalam mengingat cara penggunaan sistem. Sehingga Gmail dinilai cenderung lebih cocok untuk pengguna *novice*, sedangkan Hotmail lebih cocok untuk pengguna *expert*.

Dimensi *satisfaction* pada kedua produk menunjukkan bahwa pada pengguna *novice* cenderung tidak puas, sedangkan pada pengguna *expert* cenderung puas pada produk yang mereka gunakan.

##### b. Saran

Penelitian selanjutnya dapat dikembangkan evaluasi usability *website* belanja *online* versi *mobile* yang dapat dibandingkan dengan hasil evaluasi usability *website* belanja *online* versi *desktop*. Selain itu juga melibatkan *user* yang *expert* dalam penggunaan *website* belanja *online* agar mengetahui apakah terdapat perbedaan antara *novice user* dan *expert user*.

#### Daftar Pustaka

- Alexa, 2014, How popular is Gmail.com?, akses online 10 Oktober 2014, URL: <http://www.alexacom/siteinfo/Gmail.com>
- Alexa, 2014, How popular is outlook.com?, akses online 10 Oktober 2014, URL: <http://www.alexacom/siteinfo/outlook.com>
- Bishop, T., 2011, Stats: Hotmail Still on Top Worldwide; Gmail Gets Bigger, akses online 23 September 2014, URL: <http://www.geekwire.com/2011/stats-Hotmail-top-worldwide-Gmail-posts-big-gains/>
- Brooke, J., 2013, SUS: Retrospective, *Journal of Usability Studies*, Sonning-United Kingdom.
- Edwards, N., 2013, Gmail vs. Outlook.com: The Battle of The Best Email Services, akses online 8 Oktober 2014, URL: [http://www.maximumpc.com/best\\_email\\_service\\_2013](http://www.maximumpc.com/best_email_service_2013)
- Faisal, C.M.N., Asim, M., Sahar, F., dan Sattar, R.A., 2011, *Usability from an Industrial Perspective*, Blekinge Institute of Technology, Ronneby, Sweden.
- Hamid, H., 2014, Uji Keamanan Aplikasi *Email* Bawaan Android pada Jaringan Nirkabel, *Jurnal Cybermatika*, Vol. 2, No. 1, pp. 13-19.
- ISO, 2014, ISO 9241-11:1998, Ergonomic requirements for office work with visual display terminals, akses online 8 Oktober 2014, URL: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-1:v1:en>
- Microsoft News Center, 2007, Windows Live Hotmail Fact Sheet: A brief overview of the features and technologies in Windows Live Hotmail, akses online 24 September 2014, URL: <https://www.microsoft.com/presspass/newsroom/msn/factsheet/Hotmail.aspx>
- Nguyen, J., 2011, Is the Era of Webmail Over?, akses online 23 September 2014, URL: <http://www.comscore.com/Insights/Blog/Is-the-Era-of-Webmail-Over>
- Nielsen, J., 1993, *Usability Engineering*, Academic Press, San Diego.
- Partical Products, Inc., 1999, Hotmail Usability Test Final Report, *Report for Microsoft's Hotmail Development Team*, USA.
- Rubin, J., dan Chisnell, D., 2008, *Handbook of Usability Testing, Second Edition: How to Plan, Design, and Conduct Effective Tests*, Wiley Publishing.



- Sinaga, R., 2014, *Asosiasi Penyelenggara Jasa Internet Indonesia (APJII): Pengguna Internet di Indonesia Terus Meningkat*, akses online 14 Oktober 2014, URL: <http://www.antaraneews.com/berita/414167/apjii-pengguna-internet-di-indonesia-terus-meningkat>
- Statista, 2014, Most popular mobile or online communications services according to internet users in Indonesia as of April 2014, akses online 10 Oktober 2014, URL: <http://www.statista.com/statistics/299699/indonesia-mobile-digital-communication-services/>
- Teeter, R., dan Barksdale, K., 2011, *Google Apps For Dummies*, Wiley Publishing Inc., Indiana.
- Verdiesen, B., 2012, *Thesis: The Webmail Experience: Gmail versus Share*, Information Science, Radboud University Nijmegen.





## Evaluasi Heuristik Usabilitas pada Augmented Reality Pembelajaran Anatomi Tengkorak Manusia

**Maharsa Pradityatama<sup>1\*</sup>, I G.B. Budi Dharma<sup>1</sup>, Nur Arfian<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi S2 Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri,  
Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>2</sup>Departemen Anatomi, Fakultas Kedokteran, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta  
E-mail: maharsa19@gmail.com<sup>1\*</sup>

### Intisari

*Mempelajari anatomi manusia merupakan hal yang wajib bagi mahasiswa Fakultas Kedokteran khususnya Pendidikan Dokter. Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan oleh penulis kepada 39 mahasiswa Fakultas Kedokteran, terdapat 89,7% mahasiswa yang menyatakan masih belum mengerti dalam mempelajari anatomi manusia hanya dengan membaca buku anatomi seperti Atlas of Human Anatomy Sobotta, Color Atlas of Anatomy Yokochi, modul praktikum, handout kuliah blok, dan buku diktat kuliah. Hal tersebut memunculkan sebuah ide untuk mendesain sebuah aplikasi smartphone dengan menggunakan teknologi Augmented Reality untuk media pembelajaran anatomi tengkorak manusia. Pembuatan aplikasi AR smartphone menggunakan software Unity dan Vuforia dengan bahasa pemrograman C#. Evaluasi heuristik usabilitas dilakukan untuk validasi fitur-fitur pada aplikasi. Hasil pengujian heuristik usabilitas terhadap fitur dan tampilan aplikasi didapatkan sistem menghasilkan output sesuai dengan input yang direncanakan. Hasil pengujian pendeteksian didapatkan waktu respon pendeteksian minimal 0,93 detik dan waktu respon maksimal 21,59 detik, jarak pendeteksian minimal 5 cm dan jarak pendeteksian maksimal 25,4 cm, sudut pendeteksian minimal 32° dan sudut pendeteksian maksimal 90°. Pengujian pada 6 marker text yang berbeda tidak berpengaruh signifikan terhadap sistem dan objek 3D "cranium" tetap dapat ditampilkan sebesar 84% dari 25 percobaan yang dilakukan.*

*Kata Kunci: anatomi tengkorak, augmented reality, heuristik usabilitas*

### 1. Pendahuluan

Mempelajari anatomi tubuh manusia merupakan hal yang wajib bagi mahasiswa Fakultas Kedokteran khususnya Pendidikan Dokter. Berdasarkan hasil studi pendahuluan yang dilakukan oleh penulis kepada 39 mahasiswa Fakultas Kedokteran, terdapat 89,7% mahasiswa yang menyatakan masih belum mengerti banyak dalam mempelajari anatomi manusia hanya dengan membaca buku anatomi seperti Atlas of Human Anatomy Sobotta, Color Atlas of Anatomy Yokochi, modul praktikum, handout kuliah blok, dan buku diktat kuliah. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan terhadap 47 mahasiswa Fakultas Kedokteran, terdapat 95,7% mahasiswa memilih tengkorak (*cranium*) untuk bagian yang sulit dipelajari pada pembelajaran anatomi tulang manusia dan belum adanya model 3D tengkorak, menurut Nurcahyo, et al. (2015) hal ini tentunya dapat mendukung kegiatan mempelajari anatomi tulang manusia khususnya bagian tengkorak jika ada aplikasi pembelajaran anatomi tulang dengan objek yang berbentuk 3D dan interaktif.

*Augmented Reality (AR)* adalah sebuah teknologi yang memberikan pengalaman antar muka yang unik. *User* dapat melihat dunia nyata melalui kamera yang digabungkan dengan objek virtual yang menyatu dengan lingkungan disekitar dengan AR (Wagner, et al., 2008). Teknologi *Augmented Reality* berpotensi untuk dikembangkan sebagai media pembelajaran. Keuntungan



yang diperoleh dari aplikasi AR untuk tujuan pembelajaran yaitu AR menginspirasi dan memotivasi *user* untuk mengeksplorasi serta melakukan pengontrolan dari berbagai perspektif yang berbeda (Lee, 2012). AR dapat membantu *user* mengeksplorasi objek 3D dari sebuah gambar 2D atau *text* yang terdapat dalam buku. Dengan AR, informasi muncul secara langsung seperti objek fisik ke dalam dunia nyata, sehingga akan menambah pengalaman yang lebih realistis, dapat memungkinkan *user* untuk berinteraksi dan tertarik dengan konten buku, sehingga menolong *user* yang memiliki masalah untuk mengerti materi pembelajaran *text-based* yang digunakan saat ini (Clark, et al., 2012).

Dalam mendesain suatu produk khususnya aplikasi *smartphone* diperlukan evaluasi usability untuk mengidentifikasi masalah-masalah yang ditemukan dalam penggunaan produk tersebut sehingga dapat digunakan sebagai bahan pertimbangan untuk dilakukan perbaikan dan *improvement* desain pada produk tersebut. Jika suatu sistem khususnya aplikasi *smartphone* tidak memiliki tingkat usability yang baik, *user* akan memerlukan waktu yang relatif lama dalam mempelajari bagaimana menggunakan aplikasi tersebut. Selain itu jika tampilan *interface* aplikasi kaku dan tidak atraktif, maka *user* akan meninggalkan sistem tersebut dan beralih ke yang lainnya (Nielsen, 1993).

Penelitian ini merancang sebuah aplikasi *smartphone* menggunakan teknologi *Augmented Reality* untuk pembelajaran anatomi tengkorak manusia dan mengevaluasi usability fitur-fitur pada aplikasi dengan metode evaluasi heuristik, sehingga diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan aplikasi *augmented reality* sebagai media pembelajaran yang sejenis.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang aplikasi *smartphone* menggunakan teknologi *Augmented Reality* untuk pembelajaran anatomi tengkorak manusia serta mengevaluasi usability fitur-fitur yang terdapat pada aplikasi *Augmented Reality* dengan menggunakan metode evaluasi heuristik. Sehingga didapatkan manfaat dari penelitian ini, yaitu sebagai alternatif media pembelajaran anatomi tulang manusia dengan cara yang lebih atraktif dengan menggunakan teknologi *Augmented Reality* pada *smartphone*.

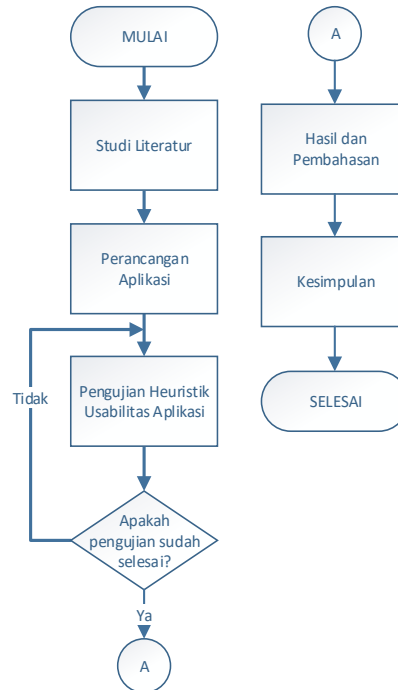
## 2. Metode Penelitian

Evaluasi heuristik merupakan pemeriksaan secara sistematis yang dilakukan oleh evaluator terhadap tampilan antarmuka pengguna dengan cara melakukan observasi terhadap tampilan dan menemukan masalah (Nielsen, 1993). Jumlah evaluator yang disarankan oleh Nielsen (1993) untuk melakukan evaluasi heuristik adalah 3 - 5, pada jumlah 3 – 5 evaluator dapat menemukan jumlah masalah dengan cepat. Penelitian ini menggunakan 5 evaluator untuk mengevaluasi usability aplikasi *Augmented Reality*, evaluator diberikan serangkaian *task* pengoperasian dasar aplikasi.

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi *Notebook* Asus A43SA digunakan untuk pengolahan data serta membuat aplikasi *Augmented Reality* dengan bantuan *software* Unity 5.3.4 dan Vuforia 5.5.9 untuk membuat tampilan antarmuka serta fitur aplikasi, Blender 2.77 untuk proses *editing* model 3D yang dibuat menggunakan Autodesk 123D Catch. Pengujian dilakukan dengan mengarahkan *smartphone* berbasis android dalam penelitian ini menggunakan merk XRN pada teks "*cranium*" yang terdapat pada buku Atlas Osteologi Manusia. Penggaris dan busur digunakan saat pengukuran jarak pendeteksian dan pengukuran sudut pendeteksian. *Print-out* daftar *task* yang akan dilakukan oleh evaluator saat pengujian.

Garis besar tahapan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Gambar 2.1.





Gambar 2. 1 Flowchart Penelitian

Pada tahapan perancangan, aplikasi AR mulai dirancang dengan membuat objek 3D tengkorak manusia menggunakan *software Autodesk 123D Catch* dan *Blender*, setelah objek 3D selesai tahap selanjutnya pembuatan aplikasi AR menggunakan bantuan perangkat lunak *Unity* dan *Vuforia*. Selanjutnya dilakukan pengujian aplikasi dengan mencoba semua fitur yang terdapat pada aplikasi untuk memastikan semua fitur berfungsi.

Pengujian usabilitas terhadap fitur-fitur sistem dengan menggunakan metode *heuristic evaluation*. Pengujian dengan metode *heuristic evaluation* bertujuan untuk memastikan *input* dapat menghasilkan *output* pada sistem sesuai dengan yang direncanakan.

Tujuan pengujian pendeteksian adalah untuk menentukan minimum *requirement* dalam mengenali *marker text* dan dapat mengidentifikasi sejauh mana batas kemampuan aplikasi. Pengujian dilakukan dengan menggunakan buku *Atlas Osteologi Manusia* dengan ukuran font dan jenis font yang terdapat pada buku. Pengujian ini terdiri dari beberapa bagian antara lain sebagai berikut.

1. Waktu Respon

Pengujian untuk menentukan berapa lama waktu proses sebelum mendeteksi *text* dan menampilkan objek 3D ketika *smartphone* diarahkan ke *marker text* pertama kali.

2. Jarak

Pengujian untuk menentukan jarak deteksi sehingga dapat menetapkan batas antara *smartphone* ke *marker text*, pendeteksian dilakukan dengan mengarahkan *smartphone* diantara 0 cm hingga 30 cm.

3. Sudut

Pengujian untuk menentukan sudut pendeteksian *marker text*, posisi pengukuran sudut antara *smartphone* dengan *marker text* dilakukan antara sudut ( $\alpha$ )  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$ .

4. *Marker Text*

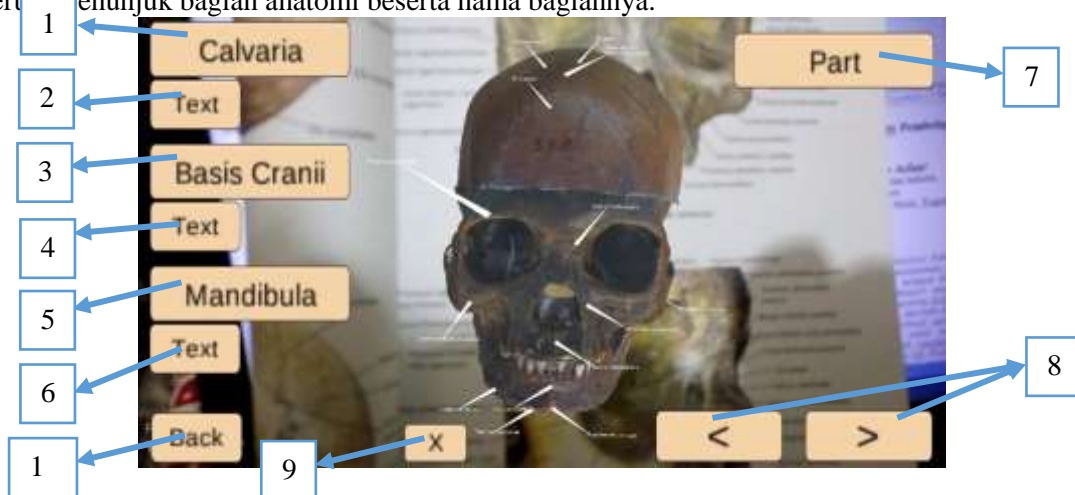
Menurut Wood (2011) jenis *font Serif* lebih mudah dibaca untuk tulisan yang khusus untuk dicetak seperti buku dan surat kabar. Jenis *Font Serif* sendiri menurut Wood (2011) terdiri dari *Times New Roman*, *Palatino*, *Georgia*, *Courier*, *Bookman*, dan *Garamond*. Pengujian



pada *marker text* “*cranium*” (tengkorak) yang diujikan menggunakan jenis *font Serif* menurut Wood (2011) dengan ukuran yang berbeda.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pembuatan objek 3D tengkorak (*cranium*) melalui beberapa tahapan yaitu *scan* foto objek tengkorak menggunakan kamera, setelah itu foto-foto objek tengkorak dimasukkan ke *software Autodesk 123D Catch* untuk *convert* menjadi objek 3D, kemudian dilakukan proses editing objek 3D menggunakan *software Blender*. Selanjutnya objek 3D hasil *converting* dilakukan proses *editing* menggunakan *software Blender*. Pada tahap ini objek 3D diberikan tambahan ber



Gambar 3. 1. Tampilan *Augmented Reality*

Keterangan:

1. *Calvaria*: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan bagian *calvaria*.
2. *Text*: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan nama bagian *calvaria*.
3. *Basis Cranii*: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan bagian *basis cranii*.
4. *Text*: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan nama bagian *basis cranii*.
5. *Mandibula*: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan bagian *mandibula*.
6. *Text*: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan nama bagian *mandibula*.
7. *Part*: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan beberapa nama bagian.
8. < >: tombol untuk memutar objek 3D.
9. X: tombol untuk menampilkan/menyembunyikan semua tombol.
10. *Back*: tombol untuk kembali ke menu utama.



Gambar 3. 2. Dokumentasi Pengujian Fitur



Hasil pengujian usability dengan metode *heuristic evaluation* terhadap fitur-fitur aplikasi yang bertujuan untuk memastikan *input* dapat menghasilkan *output* pada sistem sesuai dengan yang direncanakan disajikan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2.

Tabel 3. 1. Hasil Pengujian Fitur

No	Fitur	Keterangan	Ceklist
1	Install aplikasi	Aplikasi dapat diinstall pada <i>smartphone</i>	√
2	Logo Aplikasi	Menampilkan logo aplikasi setelah diinstall	√
3	Splash Screen	Menampilkan halaman <i>splash screen</i> ketika aplikasi dibuka	√
4	Halaman Menu Utama	Menampilkan halaman menu utama	√
5	Halaman Tentang	Menampilkan halaman tentang	√
6	Pop Up ( <i>Alert Message</i> )	Menampilkan halaman pop up	√
7	Halaman <i>Augmented Reality</i>	Menampilkan halaman <i>augmented reality</i>	√
8	Tampilan Objek 3D	Menampilkan objek 3D tengkorak	√
9	Text	Menampilkan <i>text</i> penunjuk	√
10	Fitur Rotasi	Merotasi Objek 3D	√
11	Fitur Zoom	Memperbesar dan memperkecil objek 3D	√
12	Fitur Move Objek 3D	Menggerakkan objek 3D	√
13	Fitur Hide Objek 3D	Menyembunyikan dan menampilkan objek 3D	√

Tabel 3. 2. Hasil Pengujian Tombol

No	Fitur	Keterangan	Ceklist
1	Tombol <i>Start</i>	Tombol berpindah ke halaman <i>augmented reality</i>	√
2	Tombol <i>About</i>	Tombol berpindah ke halaman tentang	√
3	Tombol <i>Quit</i>	Tombol menampilkan pop up ( <i>alert</i> )	√
4	Tombol <i>Back</i>	Tombol kembali ke menu utama	√
6	Tombol Rotasi	Tombol untuk merotasi objek 3D	√
7	Tombol <i>Hide</i>	Tombol untuk menyembunyikan dan menampilkan objek 3D	√
8	Tombol <i>Text</i>	Tombol untuk menampilkan nama bagian pada objek 3D	√
9	Tombol <i>Part</i>	Tombol untuk menyembunyikan sebagian nama pada objek 3D	√

Hasil pengujian usability menggunakan metode *heuristic evaluation* yang telah dilakukan, menunjukkan bahwa aplikasi yang dirancang sudah memenuhi persyaratan fungsional seperti yang disajikan pada tabel 3.1 dan tabel 3.2. Akan tetapi, pada prosesnya masih memungkinkan untuk terjadi kesalahan atau *error*. Secara fungsional semua fitur pada sistem yang telah dirancang sudah dapat menghasilkan *output* sesuai yang direncanakan.

Hasil pengujian pendeteksian untuk menentukan minimal *requirement* sistem dalam mendeteksi *marker text* terdiri dari beberapa bagian yaitu waktu respon, jarak, sudut, dan *marker text*.

#### 1. Waktu Respon

Pengujian waktu respon untuk menentukan berapa lama waktu proses sebelum mendeteksi *text* dan menampilkan objek 3D ketika *smartphone* diarahkan ke *marker text* pertama kali. Hasil pengujian waktu respon yang telah dilakukan oleh evaluator didapatkan waktu respon pendeteksian minimal 0,93 detik dan waktu respon pendeteksian maksimal 21,59 detik.

#### 2. Jarak

Pengujian untuk menentukan jarak deteksi sehingga dapat menetapkan batas antara *smartphone* ke *marker text*, pendeteksian dilakukan dengan mengarahkan *smartphone* diantara 0 cm hingga 30 cm. Hasil pengujian jarak pendeteksian yang telah dilakukan oleh



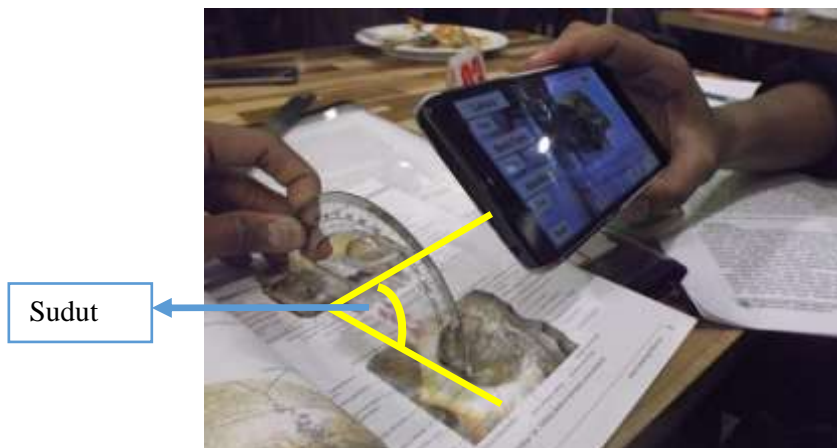
evaluator didapatkan jarak pendeteksian minimal 5 cm dan jarak pendeteksian maksimal 25,4 cm.



Gambar 3. 1. Dokumentasi Pengujian Jarak

### 3. Sudut

Pengujian untuk menentukan sudut pendeteksian *marker text*, posisi pengukuran sudut antara *smartphone* dengan *marker text* dilakukan antara sudut ( $\alpha$ )  $0^\circ$  hingga  $90^\circ$ . Hasil pengujian sudut pendeteksian yang telah dilakukan oleh evaluator didapatkan posisi sudut pendeteksian minimal  $32^\circ$  dan sudut pendeteksian maksimal  $90^\circ$ .



Gambar 3. 2. Dokumentasi Pengujian Sudut

### 4. Marker Text

Hasil pengujian pada *marker text* "cranium" (tengkorak) yang diujikan menggunakan jenis *font Serif*. Hasil pengujian pendeteksian pada 6 *marker text* yang berbeda tidak berpengaruh signifikan terhadap sistem dan objek 3D "cranium" tetap dapat ditampilkan sebesar 84% dari 25 percobaan yang dilakukan.

### 4. Kesimpulan

1. Hasil pengujian heuristik usability terhadap fitur dan tampilan aplikasi didapatkan sistem menghasilkan *output* sesuai dengan *input* yang direncanakan.
2. Hasil pengujian pendeteksian didapatkan waktu respon pendeteksian minimal 0,93 detik dan waktu respon maksimal 21,59 detik, jarak pendeteksian minimal 5 cm dan jarak pendeteksian



maksimal 25,4 cm, sudut pendeteksian minimal 32° dan sudut pendeteksian maksimal 90°. Pengujian pada 6 *marker text* yang berbeda tidak berpengaruh signifikan terhadap sistem dan objek 3D "cranium" tetap dapat ditampilkan sebesar 84% dari 25 percobaan yang dilakukan.

#### Daftar Pustaka

- Clark, A., dan Dunser, A., 2012, An Interactive Augmented Reality Coloring Book, *IEEE Symposium on 3D User Interfaces 4-5 March*, 978-1-4673-1205-9/12.
- Gray, H., 2013, *Gray's Anatomy: Classic Illustrated Edition, 15th edition*, Inggris: Barnes & Noble Inc.
- Lee, K., 2012, Augmented Reality in Education and Training, *TechTrends: Linking Research and Practice to Improve Learning*, Volume 56, Issue 2, pp 13–21.
- Nielsen, J., 1993, *Usability Engineering*, California: Morgan Kaufmann.
- Nurchahyo, D.E., dan Hantono, B.S., 2015, Pemanfaatan Augmented Reality Dalam Dunia Pendidikan Untuk Mempelajari Anatomi Tubuh Manusia Berbasis Android, *Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi 2015*, ISSN: 2089-9815.
- Prakosa, D., Romi, M.M., Sari, D.C.R., dan Budiharjo, S., 2013, *Atlas Osteologi Manusia edisi kedua*, Yogyakarta: Fakultas Kedokteran Universitas Gadjah Mada.
- Puspitasari, M., 2015, *Analisis Pengaruh Jumlah Responden pada Evaluasi Usabilitas Aplikasi Edukasi Anak-Anak dengan Metode Group Usability Testing*, Tesis: Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wagner, D., Gruber, L., dan Schmalsteig, D., 2008, Mobile Phone as a Platform for Augmented Reality, In W. Engel, ed. *Shader X7*. Charles River Media.
- Wood, J., 2011, The Best Fonts to Use in Print, Online, and Email, akses online 1 Agustus 2016, URL: <http://www.awaionline.com/2011/10/the-best-fonts-to-use-in-print-online-and-email/>.





## Konsep Rancangan Alat Penanam Benih Jagung Dengan Pendekatan *Axiomatic Design*

**Oni Achmadi, Hari Purnomo**

Program Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia  
Jalan Kaliurang km 14,5 Ngaglik Slemana Yogyakarta  
Telp.085769545846  
oniachmadi@rocketmail.com

### Intisari

*Jagung merupakan komoditi utama Kabupaten Gunung Kidul yang dikenal memiliki jenis tanah yang kurang subur. Alat yang digunakan menanam jagung salah satunya adalah Gejlek. Alat tersebut merupakan alat tanam benih jagung tradisional yang banyak digunakan oleh petani. Desain alat tersebut masih sederhana, berat dan memiliki fungsi terbatas. Hasil observasi kepada petani jagung menunjukkan bahwa petani menginginkan desain alat tanam benih jagung yang dapat mempercepat dan mempermudah proses penanaman benih jagung. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan desain alat penanam benih jagung sesuai kebutuhan pengguna. Metode untuk merancang alat tanam benih jagung menggunakan konsep axiomatic berdasarkan keinginan konsumen yaitu mudah digunakan, nyaman dan dapat mempercepat proses tanam. Rancangan konsep desain dari alat tanam benih jagung berdasarkan metode axiomatic design disepakati bahwa untuk mempermudah dan mempercepat proses penanaman maka digunakan sistem mekanik untuk melontarkan benih jagung dan untuk mengurangi beban dari alat tanam benih jagung digunakan kombinasi bahan galvanis (500gr), pipa PVC (100gr), plastik (25gr) dan logam (75gr).*

*Kata Kunci : Axiomatic Design, Alat Tanam Benih Jagung, Mudah, Cepat, Ringan.*

### 1. Pendahuluan

Jagung merupakan salah satu komoditas palawija utama di Indonesia ditinjau dari pemanfaatan hasilnya, yaitu sebagai bahan pangan dan pakan (BPPSP, 2016). Di Indonesia, bertanam jagung masih dilakukan dengan tradisional sehingga secara tidak langsung berpengaruh pada postur tubuh dan keluhan beban kerja yang berdampak pada penurunan produktivitas kerja (Siswiyanti & Luthfianto, 2011; Arfiyanti, 2014). Permasalahan yang ditemukan dari studi lapangan terhadap penggunaan alat penanam jagung yang sudah ada adalah beban peralatan yang berat dan keluhan akibat proses membungkuk saat peletakan benih jagung. Dampak beban kerja yang berat dan dirasakan terus menerus akibat kesalahan postur kerja antara lain *back pain injury*, *upper limb injury* dan *lower limb injury* (Xiang, 1999; Kotowski, 2007; Gusetoiu, 2010; Payuk et al, 2013; Sang, 2014).

Alat bantu penanam biji jagung berdasarkan kebutuhan pengguna dibutuhkan untuk mempercepat dan mempermudah proses penanaman biji jagung tanpa memberikan efek keluhan beban kerja saat digunakan. Beberapa alat penanam biji jagung dikembangkan guna mempermudah proses penanaman seperti mesin penanam jagung sistem injeksi dua baris pada lahan kering (Taka, 2009), aplikasi alat tanam semi mekanis untuk meningkatkan efisiensi penanaman jagung (Putri, 2010), analisis kebutuhan torsi penjatah pupuk butiran tipe edge-cell untuk mesin pemupuk jagung (Suciati, 2006), perencanaan alat tabur benih langsung (Salimin, 2012), perancangan mesin penanaman biji (kedelai, kacang tanah & jagung) (Irwanto, 2007), rancang bangun alat tanam benih jagung ergonomi dengan tuas pengungkit (Yusianto, 2012), desain dan rekayasa prototipe mesin penanam pupuk di lahan sawah (Purwanta, 2012),





perancangan dan optimasi alat penanam biji – bijian dengan metodologi hatamura (Suryono, 2014), analisis torsi penjatah tipe edge-cell (Ichniarsyah T et al, 2014).

Fungsi perancangan memiliki peranan penting dalam mendefinisikan bentuk fisik dan fungsional dari sebuah produk agar dapat memenuhi kebutuhan penggunanya (Ulrich & Eppinger, 2004; Kouprie & Visser, 2009). Axiomatic design sebagai salah satu metode desain dikembangkan dalam rangka upaya logika proses desain (Suh, 2007). Banyak produk yang berhasil dirancang dengan konsep axiomatic design, seperti perancangan langsung sel bahan bakar metanol dalam skala mikro menggunakan axiomatic design (Tseng & Du, 2006), penggunaan axiomatic design untuk minimasi kesulitan dalam aplikasi metode QFD pada NDP: proposal penelitian dan definisi tinjauan awal pertama dan tingkatan hirarki kedua (Calarge, 2007), perancangan lapisan pengembangan permodelan kolaborasi software dengan penggunaan prinsip axiomatic design (Buyukozkan & Arsenyan, 2009), perancangan alat pengangkut galon ke dispenser dengan pendekatan axioamtic design (Ghufrani, 2010), penggunaan metodologi axiomatic design dalam kasus industri diamerika (Alavizadeh, 2010), penggunaan axiomatic design pada perancangan yang ramah lingkungan (Suh et al, 2011), penerapan prinsip-prinsip axiomatic design untuk mengidentifikasi strategi berkelanjutan pada proses penggilingan (Dornfeld & Linke, 2012), perancangan ulang orientasi menggunakan metode *Axiomatic Design* dan QFD (Wang, 2013), aplikasi dari metode triz dan axiomatic design: sebuah perbandingan untuk menyimpulkan aplikasi terbaik di industri (Matt & Borgianni, 2016), aplikasi *Axiomatic Design* dan desain struktur matriks untuk mendekomposisi perancangan sistem (Barker & Guenov, 2004). Dari beberapa penelitian diatas masih sangat jarang ditemukan penelitian dengan objek alat tanam biji-bijian dengan inovasi sederhana yang mudah diaplikasikan sehingga penelitian ini menjadi penelitian yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan alat tanam jagung atau biji-bijian sesuai kebutuhan pengguna.

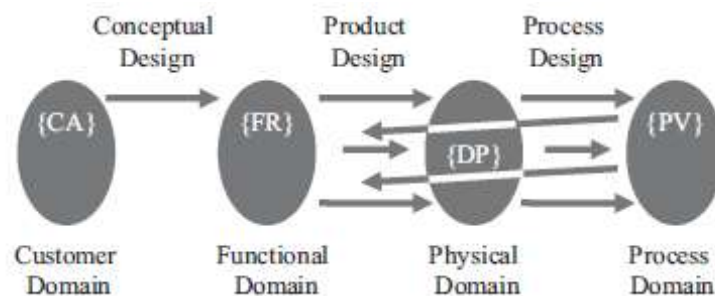
## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1 Survei

Survei dilakukan dengan kuisisioner untuk mendapatkan kriteria yang diinginkan oleh pengguna dari perancangan ulang alat tanam benih jagung. Kuisisioner disebarakan kepada 30 responden untuk setiap tahapannya. Responden adalah semua pengguna yang pernah menggunakan alat penanaman benih jagung dan berada di rentang umur 20 – 50 tahun.

### 2.2 Aplikasi Axioamtic Desain

Axioamtic design adalah salah satu metode desain yang dikembangkan sebagai upaya logika dari sebuah proses desain (Suh, 2007). Metode ini terdiri dari empat domain yaitu customer atribut, functional requirement, design parameter dan process variabel. Selain terdiri dari empat domain, axioamtic design juga terdiri dari dua aksiom, yaitu independen aksiom dan informasi aksiom.



Gambar 2.1 Kerangka Konsep Axiomatic Desain (Suh, 2007)

Penentuan kriteria pada customer attribute dimulai dengan menentukan kriteria yang dibutuhkan dari produk yang akan dirancang dengan melibatkan pengguna secara langsung. Functional requirement dilakukan untuk menterjemahkan kriteria dalam bahasa desain. Dalam penentuan

spesifikasi desain secara fisik maka dilakukan proses zigzagging menuju design parameter sampai didapatkan spesifikasi secara detail dari setiap atribut yang akan dirancang. Proses variabel digunakan untuk menjelaskan bagaimana spesifikasi desain dari design parameter dibuat sampai menjadi *real prototyping*.

### 2.3 Pengembangan Desain Virtual

Tujuan dari pengembangan desain *virtual prototyping* adalah untuk menguji parameter desain fisik dari alat penanam benih jagung langsung kepada pengguna sehingga apa yang dibutuhkan dan dirancang bisa terjadi kecocokan. Penelitian ini dilakukan dengan menunjukkan desain virtual alat penanam benih jagung kepada pengguna untuk mendapatkan penilaian dan masukan. Penilaian kuantitatif dan kualitatif dilakukan pada tahap ini dengan kuisioner guna memvalidasi desain *virtual prototyping*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Kebutuhan Pengguna

Kebutuhan pengguna untuk redesain alat penanam benih jagung berdasarkan keinginan pengguna, uji validitas serta uji reliabilitas didapatkan 3 atribut desain.

Tabel 3.1 Atribut Desain Alat Penanam Jagung

No	Atribut
1	Aman
2	Ergonomis
3	Inovatif

Berdasarkan tabel 3.1 atribut desain alat penanam biji jagung, atribut aman diartikan bahwa desain alat tanam benih jagung tidak memberikan beban berlebih saat digunakan oleh pengguna. Atribut ergonomi diartikan bahwa desain alat yang dikembangkan memberikan sikap nyaman saat bekerja dan tidak menimbulkan dampak pada postur kerja. Atribut inovatif diartikan bahwa desain alat yang dikembangkan memberikan kemudahan dan dapat mempercepat proses penanaman benih jagung.

### 3.2 Usulan Desain Alat Penanam Benih Jagung

Dari tiga kriteria yang didapatkan, dilakukan penjabaran dengan pendekatan *axiomatic design* pada tahapan *functional requirement* sampai *design parameters* sehingga akan didapatkan spesifikasi desain akhir yang akan dikembangkan menjadi *virtual prototyping*. Proses penjabaran spesifikasi desain dapat dilihat pada tabel 3.2 – 3.4

Tabel 3.2 Atribut Aman

Code	Customer Attribute	Code	Functional Requirement	Code	Parameters Design
CA 1	Aman	FR 1	Desain dikembangkan untuk tidak memberikan beban berlebih saat digunakan	DP 1	Kombinasi Material
		FR 1.1	Menentukan material utama yang digunakan	DP 1.1	Material non besi (galvanis) dan Pipa PVC
		FR 1.1.1	Menentukan berat beban material non besi (galvanis)	DP 1.1.1	500 gram
		FR 1.1.2	Menentukan berat beban material Pipa PVC	DP 1.1.2	100 gram



Code	Customer Attribute	Code	Functional Requirement	Code	Parameters Design
		FR 1.2	Menentukan material pendukung yang digunakan	DP 1.2	Material plastik dan logam
		FR 1.2.1	Menentukan berat beban pelatuk	DP 1.2.1	25 gram
		FR 1.2.2	Menentukan berat beban pemutar	DP 1.2.2	75 gram

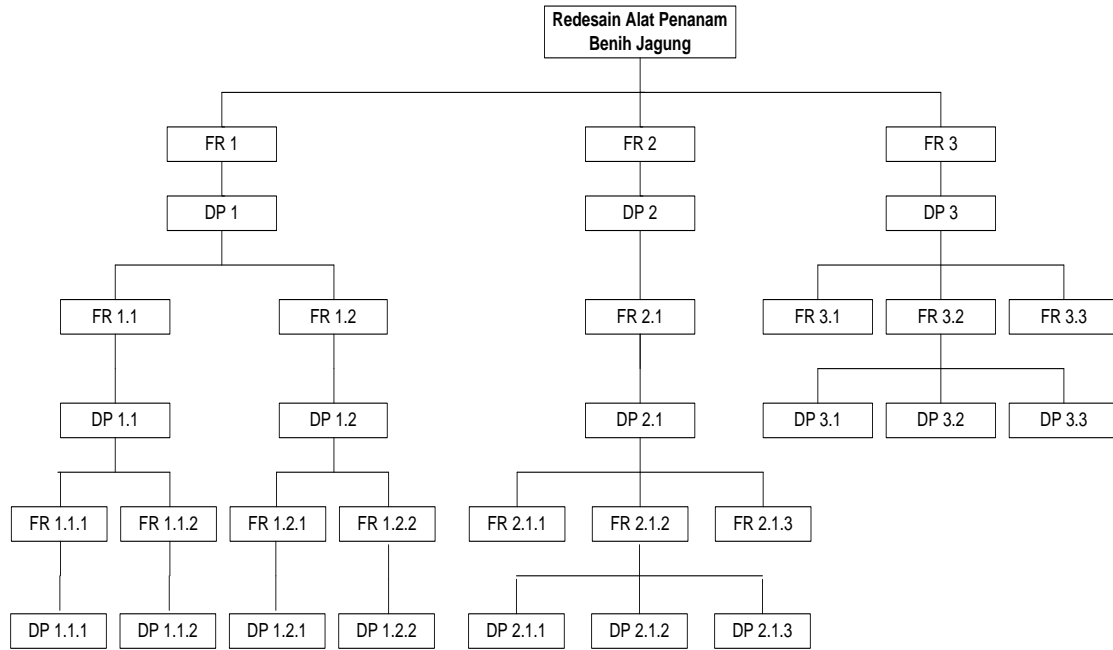
Tabel 3.3 Atribut Ergonomis

Code	Customer Attribute	Code	Functional Requirement	Code	Parameters Design
		FR 2	Memberikan kesan psikologi dan fisik yang baik kepada pengguna	DP 2	Nyaman dan mudah saat digunakan
		FR 2.1	Menentukan dimensi alat tanam benih jagung	DP 2.1	Berdasarkan tinggi bahu rata-rata petani jagung, lebar telapak tangan, panjang telapak tangan.
CA 2	Ergonomis	FR 2.1.1	Menentukan tinggi bahu rata-rata petani jagung	DP 2.1.1	125 cm
		FR 2.1.2	Menentukan lebar rentang telapak tangan	DP 2.1.2	15 cm
		FR 2.1.3	Menentukan panjang rentang telapak tangan	DP 2.1.3	10 cm

Tabel 3.4 Atribut Inovatif

Code	Customer Attribute	Code	Functional Requirement	Code	Parameters Design
		FR 3	Memiliki fungsi untuk mempercepat dan mempermudah proses penanaman benih jagung	DP 3	Penggunaan tenaga fungsi mekanik (gaya pegas, gaya gesek dan gaya gravitasi).
CA 3	Inovatif	FR 3.1	Menentukan gaya untuk melantingkan benih jagung	DP 3.1	Gaya Pegas
		FR 3.2	Menentukan gaya untuk mempercepat gaya lanting	DP 3.2	Gaya Gravitasi
		FR 3.3	Menentukan gaya yang berpengaruh pada permukaan media tanam dan gaya tempel pada permukaan	DP 3.3	Gaya Gesek





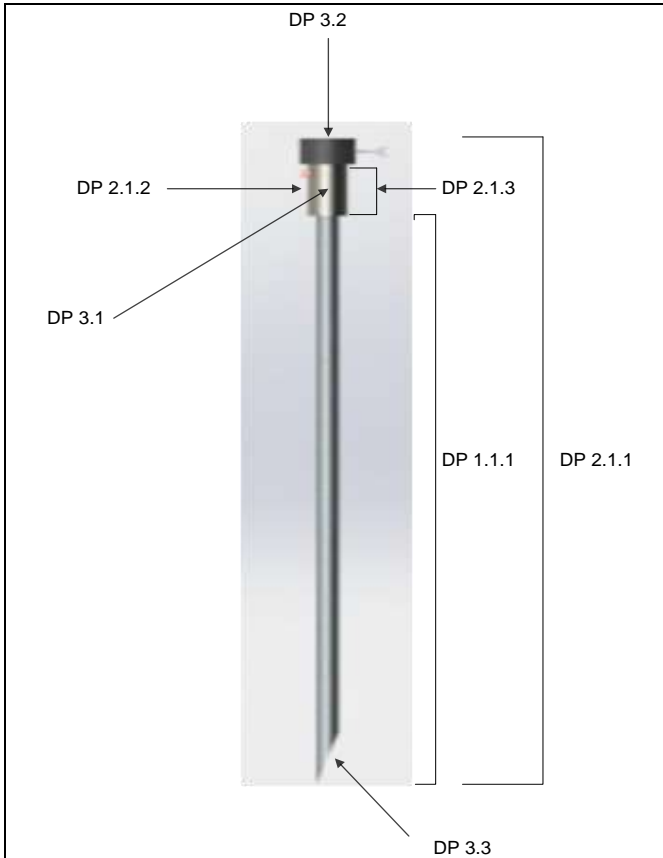
Gambar 3.1 Hirarki FRs dan DPs untuk Fungsi Alat Penanam Benih Jagung



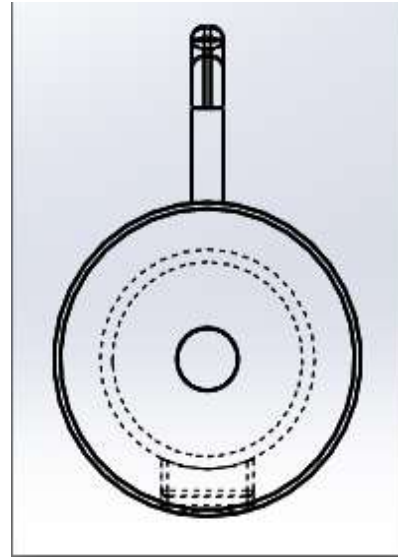
Gambar 3.2 Desain alat penanam benih jagung tradisional



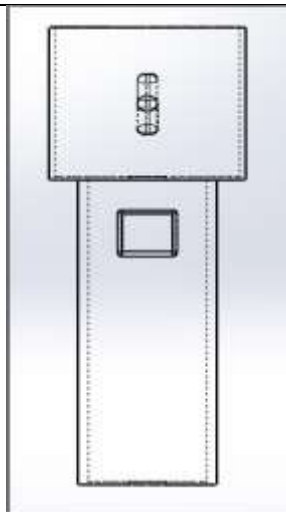
Gambar 3.3 Desain alat penanam benih jagung yang sudah dikembangkan



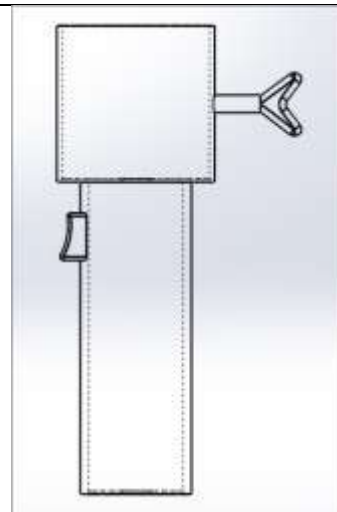
Gambar 3.4 Desain 3D keseluruhan alat penanam benih jagung



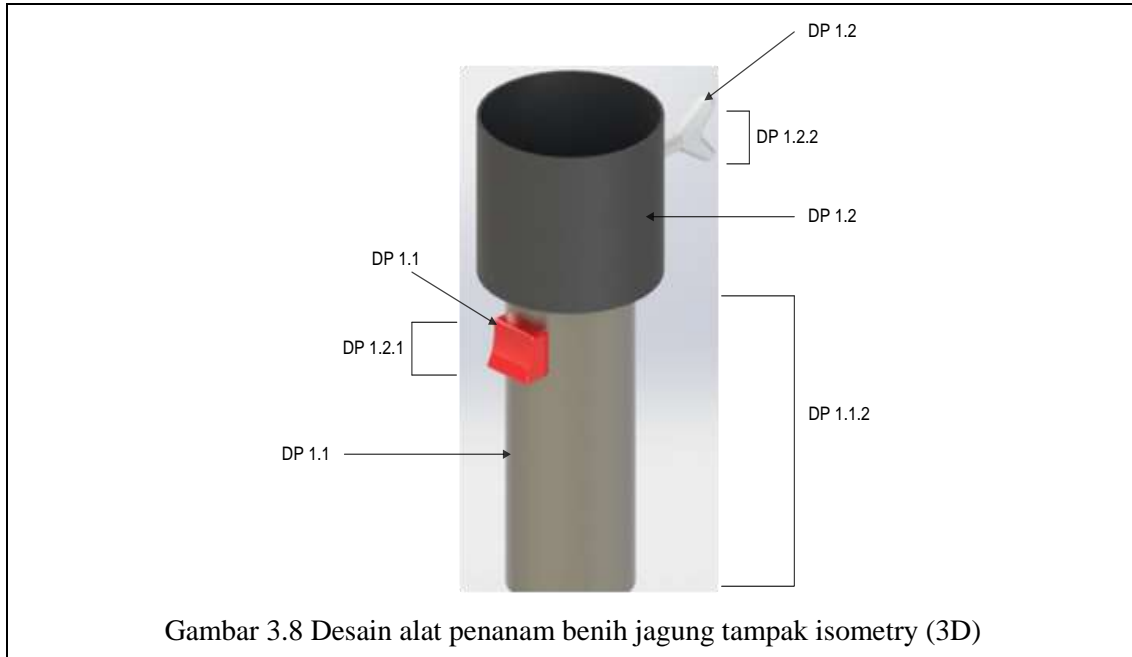
Gambar 3.5 Desain alat penanam benih jagung tampak atas



Gambar 3.6 Desain alat penanam benih jagung tampak depan



Gambar 3.7 Desain alat penanam benih jagung tampak samping



Gambar 3.8 Desain alat penanam benih jagung tampak isometri (3D)

Pada tabel 3.2 atribut aman, desain parameter yang dibutuhkan oleh pengguna terdiri dari kombinasi material meliputi material non besi (galvanis) dan pipa PVC (DP 1.1), plastik dan logam (DP 1.2). Berat beban dari desain yang dikembangkan berdasarkan berat material non besi (galvanis) adalah 500 gram (DP 1.1.1), berat material pipa PVC sebesar 100 gram (DP 1.1.2), berat material pelatuk 25 gram (DP 1.2.1), berat material pemutar/pelatuk 75 gram (DP 1.2.2) dan semua komponen pada desain parameter dari atribut aman dapat dilihat pada gambar 3.8. Ini artinya desain yang dikembangkan menyediakan desain yang tidak memberikan beban berlebih saat digunakan. Pada tabel 3.3 atribut ergonomis, desain parameter yang dibutuhkan oleh pengguna adalah desain yang nyaman dan mudah saat digunakan (DP 2). Dimensi desain yang digunakan berdasarkan tinggi bahu rata-rata petani yaitu 125 cm (DP 2.1.1), lebar rentang telapak tangan 15 cm (DP 2.1.2), panjang rentang telapak tangan 10 cm (DP 2.1.3), semua komponen pada desain parameter dari atribut ergonomis dapat dilihat pada gambar 3.4. Ini artinya desain yang dikembangkan akan mampu menjawab fungsi dari memberikan kesan psikologi dan fisik yang baik bagi pengguna. Pada tabel 3.4 atribut inovatif, desain parameter yang dibutuhkan adalah penggunaan tenaga fungsi mekanik (gaya pegas, gaya gravitasi dan gaya gesek) (DP 3). Gaya pegas digunakan untuk melantingkan benih jagung (DP 3.1). Gaya gravitasi digunakan untuk mempercepat gaya lanting (DP 3.2). Gaya gesek digunakan untuk menentukan gaya yang berpengaruh pada permukaan media tanam dan gaya tempel pada permukaan (DP 3.3), semua komponen pada desain parameter dari atribut inovatif dapat dilihat pada gambar 3.4. Ini artinya desain yang dikembangkan akan mampu menjawab fungsi dari mempercepat dan mempermudah proses penanaman benih jagung.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil observasi dan proses *zigzaging* pada metode *axioamtic design* dapat disimpulkan bahwa model alat penanam benih jagung tradisional memiliki kekurangan pada berat dan ketidak efektifan pada proses penanaman karena harus dilakukan oleh dua petani. Desain alat penanam benih jagung yang sudah dikembangkan berdasarkan kekurangan alat penanam benih jagung tradisional masih terdapat kekurangan pada keterbatasan media tanam yang terbatas dan mekanisasi prosesnya yang belum memudahkan pengguna. Dari kekurangan alat penanam benih jagung tradisional maupun modifikasi, pada penelitian ini dilakukan inovasi dengan mengadopsi



konsep kinerja mekanik sehingga akan menjawab kebutuhan pengguna dari desain alat penanam benih jagung yang aman, ergonomis dan mempermudah proses penanaman.

#### Daftar Pustaka

- Alavizadeh, Ali. 2010. Penggunaan Metodologi Axiomatic Design Dalam Kasus Industri Diamerika. USA : George Washington University, Bowling Green State University.
- Arfiasari, A.D. 2014. Hubungan Postur Kerja Dengan Keluhan Muskuloskeletal Dan Produktivitas Kerja Pada Pekerja Bagian Pengepakan Di Pt. Djitoe Indonesia Tobako. Artikel Publikasi Ilmiah. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Barker, S.G., & Guenov, M.D. 2004. Aplikasi Axiomatic Design Dan Desain Struktur Matriks Untuk Mendekomposisi Perancangan Sistem. United Kingdom : Department of Power, Propulsion and Aerospace Engineering, School of Engineering, Cranfield University, Wharley End, Bedfordshire, MK43 0AL.
- Bogor, K. Pelatihan Teknis Budidaya Jagung Bagi Penyuluh Pertanian dan Babinsa from Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian :<http://www.bppsp.go.id> diakses pada 25 juli 2016.
- Buyukozkan, Gulcin., & Arsenyan, Jbid. 2009. Perancangan Lapisan Pengembangan Permodelan Kolaborasi Software Dengan Penggunaan Prinsip Axiomatic Design. IAENG International Journal of Computer Science, 36:3, IJCS.
- Calarge, Araujo Felipe., Carnevalli, Jose Antonio., Miguel, Paulo Augusto Cauchick. 2007. Penggunaan Axiomatic Design Untuk Minimasi Kesulitan Dalam Aplikasi Metode QFD Pada NDP: Proposal Penelitian Dan Definisi Tinjauan Awal Pertama Dan Tingkatan Hirarki Kedua. Meksiko : Methodist University of Piracicaba.
- Dornfeld, D.A., & Linke, B.S. 2012. Penerapan Prinsip-Prinsip Axiomatic Design Untuk Mengidentifikasi Strategi Berkelanjutan Pada Proses Penggilingan. USA : Laboratory for Manufacturing and Sustainability (LMAS), University of California at Berkeley, Berkeley, CA.
- Ghufrani, S.M. 2010. Perancangan Alat Pengangkut Galon Ke Dispenser Dengan Pendekatan Axioamtic Design. Surakarta : Universitas Sebelas Maret.
- Gusetoiu, Ramona. 2010. Musculoskeletal Disorders in Agriculture. Jurnal of Occupational Medicine September 2011 29:35-46: Faculty of Mechanics Universtity of Timisoara Romania.
- Ichniarsyah, Nur. A., Hermawan, Wawan., Mandang, Tineke. 2014. Analisis Kebutuhan Torsi Penjajah Pupuk Butiran Tipe Edge-Cell Untuk Mesin Pemupuk Jagung. AGRITECH Vol 34, No.1. Bogor : Departemen Teknik Mesin dan Biosistem Institut Pertanian Bogor, Jawa Barat.
- Irwanto, Eko. 2007. Perancangan Mesin Penanam Biji (Kedelai, Kacang Tanah & Jagung). Tesis. Universitas Muhammadiyah Malang.
- Kotowski, S.E. 2007. Understanding The Ergonomic Risk for Musculoskeletal Disorders in The United States Agricultural Sector. (Online) <http://ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/17506508> Am J Ind Med 50:501-511 Diakses tanggal 25 Juli 2016.
- Kouprie, Merlijn & Visser, S.F. 2009. A framework for empathy in design: stepping into and out of the user's life. Journal of Engineering Design Vol 20, No.5, 437-448. Industrial Design Engineering, ID-StudioLab, TU Delft, Landbergstraat 15, Delft 2628CE, The Netherlands
- Matt, D.T & Borgianni, Yuri. 2016. Aplikasi Dari Metode Triz dan Axiomatic Design: Sebuah Perbandingan Untuk Menyimpulkan Aplikasi Terbaik Di Industri. Italy : A Free University of Bozen/Bolzano, Faculty of Science and Technology, Piazza Università.
- Payuk, Lestari K., Djajakusli, Rafael., Wahyu, Atjo. 2013. Hubungan Faktor Ergonomis Dengan Beban Kerja Pada Petani Padi Tradisional Di Desa Congko Kecamatan Marioriwawo Kabupaten Soppeng. Makasaar : Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja, FKM Universitas Hasanudin.



- Purwanta, Y C., Sulistiadji, Koes., Pitoyo, Joko. 2012. Desain dan Rekayasa Prototipe Mesin Pembenam Pupuk di Lahan Sawah. *Jurnal Perencanaan Balai Besar Pengembangan Mekanisasi Pertanian Serpong Tangerang*.
- Putri, R.E. 2010. Aplikasi Alat Tanam Semi Mekanis Untuk Meningkatkan Efisiensi Penanaman Jagung Bagi Petani Di Pasaman Barat. *Jurnal Program Pengabdian Masyarakat*. Padang : Universitas Andalas.
- Salimin. 2012. Perencanaan Alat Tabur Benih Padi Langsung. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, Vol.3, No.2. Kendari : Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Haluoleo.
- Sang, Asni., Djajakusli, Rafael., Russeng, Syamsiar. S. 2014. Hubungan Risiko Postur Kerja Dengan Keluhan Musculoskeletal Disorders (Msds) Pada Pemanen Kelapa Sawit Di Pt. Sinergi Perkebunan Nusantara. Makassar : Bagian Kesehatan dan Keselamatan Kerja Universitas Hasanudin.
- Siswiyanti & Luthfianto, S. 2011. Beban Kerja Dan Keluhan Sistem Musculoskeletal Pada Pembatik Tulis Di Kelurahan Kalinyamat Wetan Kota Tegal. *Laporan Penelitian*. Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pancasakti. Tegal.
- Suciari, F T. 2006. Analisis Kebutuhan Torsi Penjajah Pupuk Butiran Tipe Edge-Cell Untuk Mesin Pemupuk Jagung. Tesis. Program Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara Medan.
- Suh, N.P. 2007. Ergonomic, Axiomatic Design And Complexity Theory, Theoretical Issues In Ergonomic Science, Vol 8, No.2, pp 101-121.
- Suh, Hyo Won., Shin, Mijeong., Azhar, Mina., Morrison, James R., Lee, Taesik. 2011. Penggunaan Axiomatic Design Pada Perancangan Yang Ramah Lingkungan. *Proceedings of ICAD2011, The Sixth International Conference on Axiomatic Design*, Daejeon – March 30-31, 2011.
- Suryono, A F. 2014. Perancangan dan Optimasi alat Penanam Tanaman Biji-Bijian (Seed Planter) dengan Metodologi Hatamura. *Jurnal Teknosia* Vol. 1 No. 14, Tahun VIII, Maret. Bengkulu : Fakultas Teknik Universitas Bengkulu.
- Taka, Ranja K L. 2009. Modifikasi Mesin Penanam Dan Pemupuk Jagung ( Zea Mays L.) Sistem Injeksi Dua Baris Pada Lahan Kering. Tugas Akhir. Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
- Tseng, M.M & Du, Leding. 2006. Perancangan Langsung Sel Bahan Bakar Metanol Dalam Skala Mikro Menggunakan Axiomatic Design. *Proceedings of ICAD, 4th International Conference on Axioamtic Design*, Firenze June 13-16.
- Ulrich, K.T., & Eppinger, S.D. 2004. *Product Design and Product Development*. Singapore : McGraw Hill.
- Wang, Bentao. 2013. Perancangan Ulang Orientasi Menggunakan Metode Axiomatic Design Dan QFD. China : College of Mechanical Engineering, Chongqing Technology and Business University, Chongqing.
- Xiang H. 1999. Back Pain and Agricultural Work Among Farmers: An Analysis of The Colorado Farm Family Health and Hazard Surveiillance Survey. *Jurnal (online): Ind Med ; 35 : 310-316*. <http://occmmed.oxfordjournals.org> diakses tanggal 25 juli 2016.
- Yusianto, R. 2012. Rancang Bangun Alat Tanam Benih Jagung Ergonomis Dengan Tuas Pengungkit. *Seminar Nasional Teknologi Informasi & Komunikasi Terapan (Semantik 2012)*. Semarang : Fakultas Teknik, Universitas Dian Nuswantoro.





## Perancangan Ulang dan Pembuatan Prototipe Kereta Belanja Ergonomis untuk Optimalisasi Penggunaan

**Dino Caesaron, Mirna Lusiani<sup>1</sup>**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi dan Desain, Universitas Bunda Mulia  
Jalan Lodan Raya No. 2, Ancol 14430  
Telp. 0216929090 ext 620  
E-mail: mirna\_lusiani@yahoo.com<sup>1</sup>

### Intisari

*Perusahaan yang tidak mampu untuk mengembangkan produknya, maka lambat laun akan kehilangan konsumen yang beralih pada perusahaan lain yang telah mengembangkan produk dan menjawab kebutuhan konsumen tersebut. Perusahaan yang tidak melakukan pengembangan produk akan kalah bersaing, sehingga dapat menyebabkan kerugian pendapatan dan hal lainnya. Oleh karena itu, perlu dilakukan perencanaan dan pengembangan produk secara kontinu. Penelitian ini akan mengusulkan rancang bangun ulang dan pembuatan prototipe kereta belanja dengan fokus pada aspek ergonomi dan fungsionalitas. Rancang bangun ulang akan mengikuti keinginan konsumen dengan menggunakan metode Quality Function Deployment, dengan alat bantu House of Quality, dengan menggabungkan prinsip anthropometri untuk aspek ergonomi. Didapatkan empat (4) anthropometri untuk merancang ulang kereta belanja ergonomis, dengan enam (6) keinginan konsumen / voice of customer sesuai dengan keinginan konsumen*

*Kata Kunci: rancang bangun ulang, prototipe, quality function deployment, house of quality, anthropometri.*

### 1. Pendahuluan

Penelitian ini akan mengusulkan rancang bangun ulang (*redesign*) dan pembuatan purwarupa (*prototype*) kereta belanja sesuai dengan keinginan konsumen (*voice of customers*) yang akan fokus aspek ergonomi dan fungsionalitas (optimasi penggunaan). Penelitian ini akan menggabungkan konsep perancangan dan pengembangan suatu produk dengan menambahkan prinsip anthropometri untuk mendapatkan desain kereta belanja yang ergonomis. Beberapa penelitian mengenai rancang bangun yang memanfaatkan teknik anthropometri dan penilaian subjektif terhadap rasa nyaman telah dilakukan, yang hasilnya membuahkan perumusan pedoman untuk mengevaluasi sarana prasarana dari segi kebutuhan pada umumnya.

Prinsip anthropometri digunakan dalam penelitian ini dengan mengukur beberapa anggota tubuh yang akan digunakan untuk mendesain kereta belanja, yakni panjang telapak tangan, lebar telapak tangan, tinggi telapak tangan dalam posisi tegak, dan tinggi ujung jari tangan terjulur. Penentuan anthropometri tersebut akan digunakan untuk merancang ulang tinggi kereta, serta pegangan (*handle*) kereta belanja yang ergonomis. Sedangkan dalam aspek fungsionalitas akan memperhatikan pada pemilahan jenis-jenis barang yang diambil, dengan merancang kompartemen pada kereta belanja sehingga akan memiliki tingkat usability yang tinggi.

### 2. Metodologi

Tahapan mengenai rancang bangun ulang dan pembuatan purwarupa kereta belanja diuraikan sebagai berikut.



### **Studi Literatur**

Studi literatur digunakan dengan melakukan *review* terhadap beberapa jurnal. Beberapa penelitian terdahulu telah banyak dilakukan terkait perancangan dan pengembangan suatu produk. Beberapa tahapan penelitian terdahulu juga digunakan untuk mendukung proses dalam penelitian ini.

### **Pernyataan Misi**

Pernyataan misi (*mission statement*) dalam pengembangan produk merupakan suatu hal yang penting karena mungkin mencakup beberapa dari keseluruhan informasi tentang tujuan, batasan, pasar yang dituju, dan pihak-pihak yang berkepentingan secara garis besar dan berisi mengenai uraian produk yang akan dirancang<sup>[2]</sup>. Pernyataan misi juga merupakan bentuk formal dari informasi yang diperoleh dari kegiatan mendefinisikan ruang lingkup usaha, spesifikasi peluang pasar tertentu, dan mengkaji kendala dan tujuan dari proyek.

### **Pengamatan Awal**

Lokasi penelitian berada di Pasar Modern BSD, dengan beberapa pertimbangan bahwa lokasi tersebut cukup strategis dibandingkan dengan Pasar Modern Bintaro, serta banyaknya konsumen yang berbelanja di lokasi tersebut.

### **Wawancara Konsumen**

Wawancara konsumen dilakukan untuk mengetahui pendapat konsumen terkait kereta belanja yang digunakan dan beredar saat ini di lokasi penelitian. Pendapat konsumen dapat berupa kelebihan, kekurangan dan hal lainnya terkait kondisi kereta belanja yang ada. Beberapa pertanyaan terbuka diajukan dan dicatat yang nantinya akan digunakan untuk mendukung studi pendahuluan dan didapatkan juga keinginan atau suara konsumen terhadap kereta belanja yang akan digunakan sebagai masukan desain rancang ulang kereta belanja.

### **Interpretasi Suara Konsumen**

Data “mentah” konsumen perlu diinterpretasikan untuk memudahkan perancangan. Tahapan ini mengubah bahasa konsumen yang awam menjadi bahasa teknis dalam proses perancangan<sup>[1]</sup>. Tahapan ini dilakukan untuk memudahkan proses perancangan. Brainstorming dalam perubahan bahasa konsumen menjadi bahasa teknis / spesifikasi sangat diperlukan.

**Penentuan Derajat Kepentingan dari Hasil Interpretasi Suara Konsumen** Dari hasil interpretasi konsumen dilakukan pembobotan nilai untuk mengetahui kebutuhan konsumen manakah yang menjadi prioritas utama akan kereta belanja. Pemberian nilai bobot dan pengumpulan nilai spesifikasi untuk produk sejenis dari pesaing yang sudah ada sebelumnya juga dilakukan untuk mengetahui posisi kondisi sekarang (*current condition*) sebelum proses pembuatan purwarupa. Derajat kepentingan menggunakan skor 1-5, dengan pengertian sebagai berikut, 1; sangat penting/sangat puas, 2; penting/puas, 3; biasa saja, 4; kurang penting/kurang puas, 5; tidak penting/tidak puas.

### **Pengukuran Anthropometri**

Anthropometri digunakan untuk mengetahui ukuran yang akan digunakan dalam perancangan suatu produk. Data anthropometri akan sangat besar manfaatnya pada suatu rancangan produk atau fasilitas kerja yang akan dibuat, sehingga tidak semua dimensi tubuh akan dilakukan pengukuran. Hanya beberapa sampel dimensi tubuh yang akan diukur yang tentunya merepresentasikan perancangan produk yang akan dibuat (dalam hal ini adalah kereta belanja). Data anthropometri dapat diperoleh melalui pengukuran dimensi tubuh sejumlah sampel yang mewakili populasi yang datanya berdistribusi normal, kemudian hasil pengukuran tersebut kemudian dicari rata-ratanya dan nilai simpangannya.



### Analisis HOQ

Tahapan analisis ini dilakukan untuk mendapatkan final desain konsep kereta belanja. Teknik atau alat yang digunakan untuk analisis kebutuhan adalah *House of Quality* (HOQ).

### Desain Konsep dan Purwarupa

Desain konsep akan berdasarkan keinginan konsumen dengan hasil generalisasi *House of Quality*. Proses desain konsep dari hasil akhir spesifikasi teknis digambarkan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak grafis AutoCad. Pembuatan purwarupa dari kereta belanja menggunakan bahan dasar besi aluminium dan beberapa alternatif bahan walaupun penggunaan bahan belum sempurna.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pada bagian ini akan dipaparkan beberapa hasil yang didapat dari tahapan / metodologi penelitian yang telah dilakukan.

#### Pernyataan Misi

Pernyataan misi produk disajikan dalam tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pernyataan Misi

Pernyataan Misi	
Kereta belanja sebagai media belanja ergonomis untuk peningkatan produktivitas	
Uraian Produk	1. Kereta belanja memiliki beberapa tempat untuk meletakkan barang 2. Kereta belanja memiliki 4 roda 3. Kereta belanja memiliki handel pegangan
Sasaran Bisnis Utama	1. Memudahkan konsumen dalam kegiatan berbelanja 2. Memberikan fasilitas sesuai dengan keinginan konsumen 3. Memberikan rancangan desain sesuai harapan konsumen
Target Pasar	1. Pasar utama adalah para pelanggan di pasar modern 2. Pasar kedua adalah seluruh kalangan yang berbelanja di berbagai tempat
Batasan	1. Produk kereta belanja ini hanya bersifat usulan tanpa melewati proses pemasaran/penjualan 2. Teknologi yang digunakan dalam pembuatan kereta belanja adalah teknik pengelasan besi biasa
Stakeholder	1. Konsumen para pelanggan di pasar modern BSD 2. Distributor dan para pedagang yang memasarkan kereta belanja 3. Produsen kereta belanja

#### Wawancara Konsumen dan Interpretasi Konsumen

Dari hasil wawancara dan proses interpretasi suara konsumen, didapatkan beberapa poin yang menjadi dasar perancangan kereta belanja, yaitu

- Kereta belanja memiliki body yang kokoh/kuat,
- Kereta belanja memiliki volume yang cukup besar (sesuai),
- Kereta belanja memiliki roda yang tahan lama,
- Kereta belanja memiliki pegangan (*handle*) yang ketinggiannya sesuai,
- Kereta belanja yang mudah untuk dibawa,
- Kereta belanja yang memiliki pemisah (kompartemen) untuk penempatan barang seperti (sayuran segar, lauk pauk untuk menghindari kontaminasi).



### Penentuan Derajat Kepentingan dari Hasil Interpretasi

Dari hasil interpretasi konsumen dilakukan penentuan derajat kepentingan/bobot untuk mengetahui kebutuhan konsumen mana yang menjadi prioritas utama akan kereta belanja. Tabel berikut menunjukkan derajat kepentingan interpretasi keinginan konsumen.

Tabel 2. Bobot Kebutuhan Konsumen terhadap Kereta Belanja

Hasil Interpretasi Konsumen	Bobot	Jumlah Jawaban Responden	Weighted Average
Body yang kokoh/kuat	5	3	3,667
	4	16	
	3	9	
	2	2	
	1	0	
Volume kereta belanja yang besar	5	8	3,993
	4	13	
	3	8	
	2	1	
	1	0	
Roda yang tahan lama	5	1	2,8
	4	3	
	3	16	
	2	9	
	1	1	
Tinggi pegangan/handle yang sesuai	5	4	3,567
	4	14	
	3	7	
	2	5	
	1	0	
Kereta yang mudah dibawa	5	2	3,2
	4	9	
	3	12	
	2	7	
	1	0	
Adanya kompartemen pemisah barang	5	12	4,067
	4	10	
	3	6	
	2	2	
	1	0	

### Pengukuran anthropometri

Setelah derajat kepentingan diperoleh, didapatkan gambaran awal mengenai desain kereta belanja yang diinginkan oleh konsumen. Berikutnya diperlukan suatu pendekatan agar kereta belanja yang diinginkan konsumen menjadi ergonomis. Pengukuran anthropometri dilakukan untuk mendapatkan pendekatan ergonomis tersebut. Dalam penelitian ini beberapa anthropometri digunakan untuk mengetahui ukuran yang harus disesuaikan dalam perancangan kereta belanja. Anthropometri tersebut diantaranya tinggi telapak tangan ke lantai, tinggi ujung jari tangan ke lantai, lebar 5 jari telapak tangan manusia, dan panjang telapak tangan. Tabel 3 berikut menunjukkan data anthropometri dengan 30 responden.



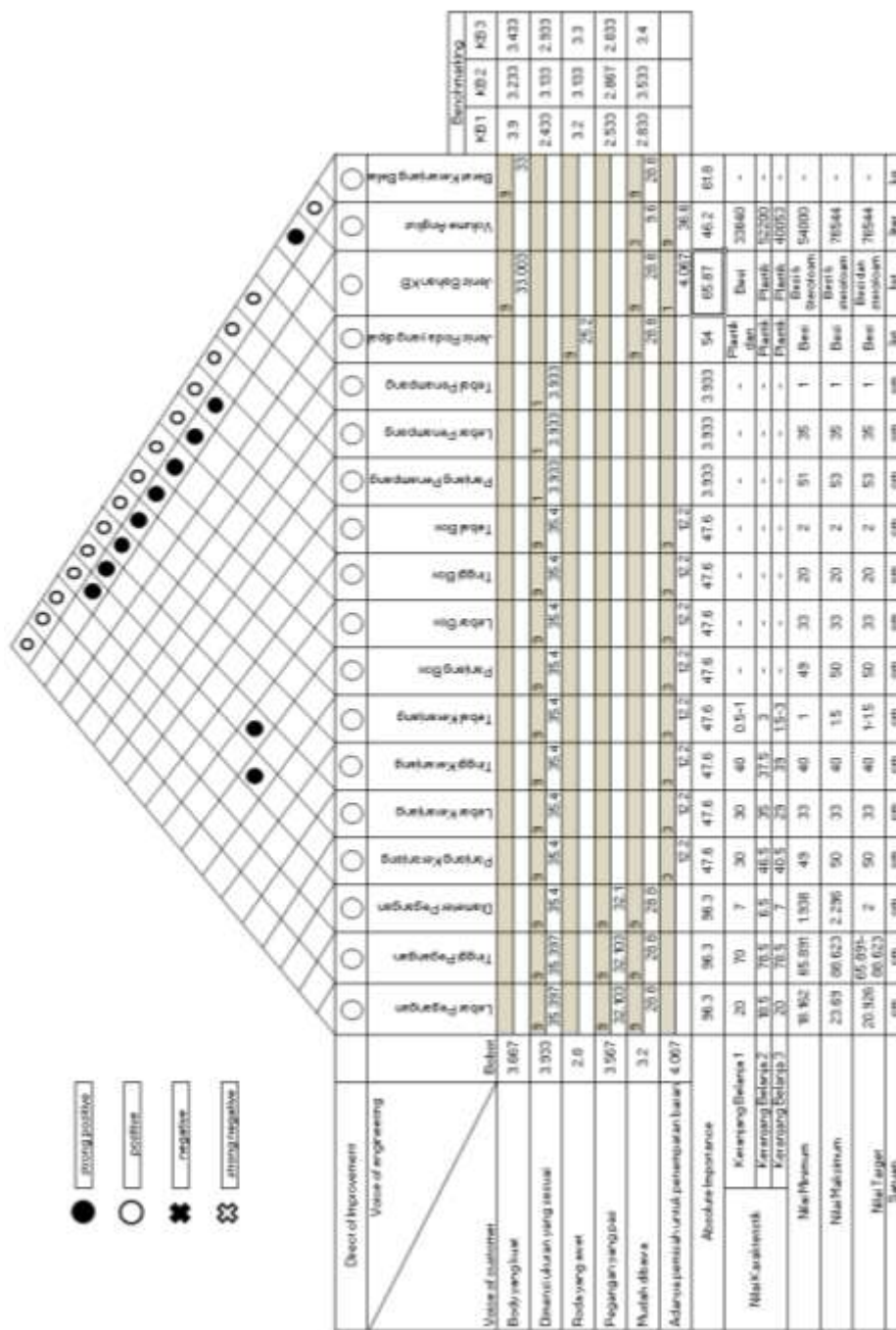
Tabel 3. Data Anthropometri

No	Usia	T. telapak tangan ke lantai	T. ujung jari tangan ke lantai	Panjang telapak tangan	Lebar 5 jari telapak tangan
1	21	75.4	62.4	17.5	9.8
2	65	64.2	54.2	15.9	9.1
3	37	77.4	66.7	18.5	11.2
4	36	74.6	61.5	17.5	10.7
5	68	64.2	54.1	15.9	9.4
6	29	65.4	55.5	17.2	10
7	71	64.9	55.7	16.7	9.1
8	49	69.8	58.2	17.2	9.7
9	56	73.4	62.1	17.2	9.6
10	29	82	67.7	18.5	11.8
11	53	76.4	64.5	17.8	9.8
12	43	80.2	65.5	18.8	10.9
13	62	72.6	65.4	17.3	9.4
14	51	78.9	66.3	18.4	10.4
15	26	80.5	64.7	18.7	11.2
16	44	78.2	67.1	18	10.8
17	73	69.4	58.2	16.1	9.2
18	59	78.3	66.8	19.4	11.8
19	61	75.5	63.4	17.7	10.3
20	38	74.8	62.5	17.8	10.6
21	30	69.6	58.3	17.6	10.5
22	41	80.9	65	19.4	11.8
23	52	76.6	64.7	17.4	10.2
24	47	78.4	67.2	18.2	11.4
25	39	75.2	62.5	18.4	10.9
26	42	79.4	67.2	18.5	11.4
27	49	66.4	56.5	18.3	10.5
28	31	80.2	64.2	17	11.3
29	62	65.5	55.4	16.8	9.9
30	50	79.4	66.8	18	11.2

### Analisis HOQ

Tahapan berikutnya untuk mendapatkan final desain konsep kereta belanja adalah *Quality Function Deployment*. Tahap ini mengintegrasikan kebutuhan konsumen ke dalam proses perancangan. Teknik atau alat yang digunakan untuk analisis kebutuhan adalah *House of Quality* (HOQ).





Gambar 1. House of Quality

Pembuatan HOQ bertujuan untuk melihat semua informasi yang telah didapat, diantaranya informasi akan kebutuhan konsumen, bobot kepentingan kebutuhan konsumen, karakteristik teknis produk, hubungan karakteristik teknis dengan kebutuhan konsumen, *benchmarking* kebutuhan konsumen. Gambar 1 menunjukkan hasil pembuatan HOQ.

Setelah pembuatan HOQ selesai, berikutnya didapatkan nilai spesifikasi akhir. Nilai ini akan digunakan sebagai pedoman rancangan kereta belanja. Nilai spesifikasi akhir akan berdasarkan data antropometri yang telah didapat sebelumnya, dengan menggunakan perlakuan persentil



P5, P50, atau P95 dengan derajat ketelitian (s) 5%, dengan tingkat keyakinan (k) 95%. Nilai spesifikasi akhir dari kereta belanja ditunjukkan dalam tabel berikut ini.

Tabel 4. Nilai Spesifikasi Akhir (Nilai Target) Kereta Belanja

<i>Technical Responses</i>	Nilai Target
Lebar Pegangan	20.926
Tinggi Pegangan	65.891 - 88.623
Diameter Pegangan	2
Panjang Keranjang	50
Lebar Keranjang	33
Tinggi Keranjang	40
Tebal Keranjang	1-1.5
Panjang <i>Box</i>	50
Lebar <i>Box</i>	33
Tinggi <i>Box</i>	20
Tebal <i>Box</i>	2
Panjang Penampang	53
Lebar Penampang	35
Tebal Penampang	1
Jenis Roda Kereta Belanja	Besi
Jenis Bahan Baku Kereta Belanja	Besi dan <i>Sterofom</i>
<i>Volume</i> Angkut	76544
Berat Kereta Belanja	-

Keterangan:

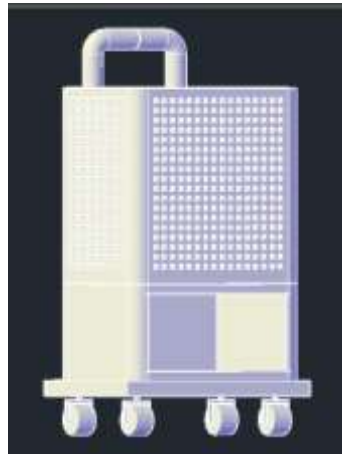
1. Lebar pegangan. Ukuran ini diperoleh dari Anthropometri untuk lebar 5 jari dengan persentil P50. Diestimasi bahwa ketika konsumen menarik kereta belanja menggunakan satu tangan dan diberikan jarak kelonggaran agar tidak terlalu sempit.
2. Tinggi pegangan. Ukuran ini berdasarkan pertimbangan dari anthropometri tinggi telapak tangan ke lantai dan tinggi ujung jari tangan ke lantai. Diestimasi dari nilai anthropometri akan dikurangi dengan tinggi roda serta derajat kemiringan saat membawa kereta belanja. Tinggi pegangan kereta belanja ini akan dibuat dalam beberapa ukuran yaitu 62, 68, 74, 80, 86 dan 92 (rentang ukuran 6 cm).
3. Diameter pegangan. Ukuran ini diperoleh dari estimasi saat konsumen menggenggam pegangan, hanya  $\pm \frac{3}{4}$  bagian tangan yang melakukannya. Maka dari itu berdasarkan nilai dikali dengan  $\frac{3}{4}$  kemudian dianggap sebagai keliling dari pegangan tersebut. Dicari nilai diameternya dan dibagi 2.
4. Panjang, lebar, dan tinggi keranjang. Ukuran ini disesuaikan dengan kondisi sayuran dan barang-barang yang ada di pasaran.
5. Tebal keranjang. Ukuran ini berdasarkan estimasi akan mampu menampung beban belanjaan dalam keadaan maksimum.
6. Panjang dan lebar *box*. Ukuran ini disesuaikan dengan ukuran keranjang belanja agar terlihat pas dan sesuai.
7. Tinggi *box*. Ukuran ini berdasarkan disesuaikan dengan kondisi lauk pauk yang ada di pasaran yang diestimasi kurang dari 20 cm.
8. Tebal *box*. Ukuran ini berdasarkan estimasi akan mampu menampung dan kondisinya tetap terjaga baik walau membawa beban berat.



9. Panjang, lebar dan tebal penampang. Ukuran ini disesuaikan dengan panjang juga lebar *box* dengan diberikan kelonggaran untuk memberikan kenyamanan kereta belanja, sedangkan ketebalan *box* diestimasi dapat memberikan kekuatan dalam menyangga keranjang belanja.
10. Jenis roda. Pada umumnya roda terbuat dari plastik dan roda yang dipilih tentunya memiliki kualitas bagus sehingga konsumen dapat menggunakan kereta belanja ini dengan nyaman.
11. Jenis bahan baku. Besi menjadi pilihan sebagai bahan baku untuk membuat kereta belanja ini sesuai dengan kebutuhan konsumen yang menginginkan kereta belanja yang kuat. Sedangkan untuk *box* tempat lauk pauk akan terbuat dari *sterofoam*.
12. Volume angkut. Diperoleh dari hasil perjumlahan volume keranjang ditambah dengan volume *box*. *Volume* itu sendiri dari hasil kali panjang, lebar dan tinggi.
13. Berat kereta belanja. Perlu adanya pembuatan purwarupa (*prototype*) untuk dapat mengukur berat kereta belanja.

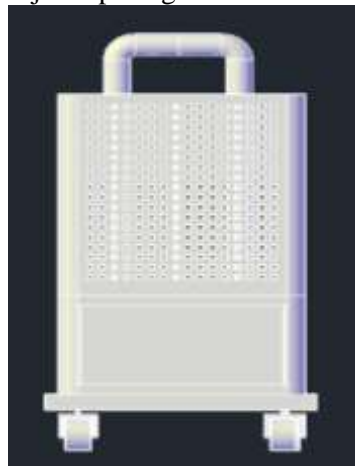
### Rancangan Produk

Berdasarkan identifikasi keinginan konsumen, pembahasan dan spesifikasi nilai akhir. Didapatkan rancangan produk akhir dari kereta belanja ergonomis. Rancangan ini nantinya akan digunakan sebagai dasar untuk pembuatan purwarupa (*prototype*), ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2. Rancangan Kereta Belanja (Tampak Isometrik)

Rancangan tampak depan juga disajikan pada gambar 3 berikut.

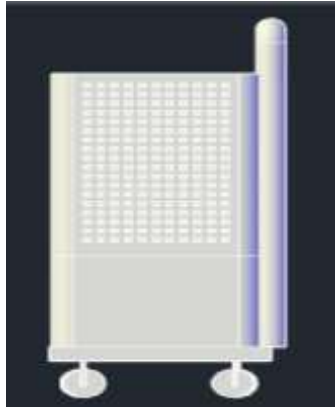


Gambar 3. Rancangan Kereta Belanja (Tampak Depan)





Rancangan tampak samping juga disajikan pada gambar 4 berikut.



Gambar 4. Rancangan Kereta Belanja (Tampak Samping)

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Dari hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, dapat ditarik beberapa kesimpulan yaitu

- Rancangan kereta belanja sudah sesuai dengan keinginan konsumen, dalam hal ini responden dan objek penelitian berlokasi di pasar modern BSD.
- Terdapat 6 bahasa teknis yang digunakan untuk merancang kereta belanja yang sesuai dengan keinginan konsumen, yaitu kereta belanja harus memiliki body yang kokoh/kuat, kereta belanja harus memiliki volume yang cukup besar (sesuai), kereta belanja memiliki roda yang tahan lama, kereta belanja memiliki pegangan (*handle*) yang ketinggiannya sesuai, kereta belanja yang mudah untuk dibawa, kereta belanja yang memiliki pemisah (kompartemen) untuk penempatan barang seperti (sayuran segar, lauk pauk untuk menghindari kontaminasi).

Sedangkan saran yang dapat diberikan agar nantinya dalam penelitian ini adalah, perlu adanya suatu uji coba tersendiri dalam waktu yang relatif lama terhadap purwarupa kereta belanja ini. Uji coba tersebut nantinya akan dijadikan sebagai pedoman untuk melakukan produksi massal terhadap kereta belanja ergonomis ini.

#### Daftar Pustaka

- Griffin, A., and Hauser, J.R., 1993, The Voice of Customer, *Marketing Science*, Vol 12 No 1, pp 1-27.
- Handrian, H., Rahaju, D.E.S., 2009, Perancangan Kereta Belanja Pada Supermarket, *Jurnal Widya Teknik* Vol. 8 No. 1 Hal 75-85.
- Nurmianto, E., 1996, *Ergonomi: Konsep Dasar dan Aplikasinya*, Guna Widya, Surabaya.
- Puswiartika, D., 2008, Peran Ergonomi dalam Meningkatkan Produktivitas Kerja, *Jurnal Pengembangan Humaniora (Ragam)* Vol 8 No Hal 47-52
- Ulrich, K., and Eppinger, S.D., 1995, *Product Design and Development*, International Edition, McGraw-Hill, New York.



## **Analisis Resiko Kerja pada Proses *Casting* dengan Metode *Job Safety Analisis* di PT. Delta Logam Makmur**

**Diana Puspita Sari, Jonathan Michael F. Sinaga**  
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH – Tembalang, Semarang, Kode pos 50275  
Telp. 024-7460052  
E-mail: diana\_psptsr@yahoo.com

### **Intisari**

*Dengan tingginya teknologi pada proses produksi yang ada maka akan berdampak meningkatnya hasil produksi, serta meningkatkan resiko terjadinya kecelakaan kerja. Dari hasil observasi dan wawancara dengan manajer pada PT. Delta Logam Makmur (DLM) teknologi yang digunakan pada proses produksi, merupakan teknologi yang cukup maju sehingga tinggi pula resiko kerja yang bisa terjadi di PT. DLM. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah untuk menganalisis resiko – resiko yang terjadi pada proses produksi serta memberikan saran perbaikan untuk menghindari terjadinya resiko kerja tersebut. Analisis yang dilakukan menggunakan Job Safety Analysis (JSA). JSA adalah suatu alat yang dapat menganalisis satu potensi resiko kerja dalam suatu pekerjaan, JSA dapat diterapkan untuk mengurangi potensi resiko kecelakaan kerja. Dari hasil analisis matriks nilai resiko diperoleh beberapa resiko kerja yang cukup berbahaya dan dapat mengganggu proses produksi perusahaan yang terdapat pada PT. DLM, resiko tersebut adalah laddle yang pecah dan molten mengenai kaki pekerja yang terjadi pada unit kerja melting dan badan pekerja terkena splash (air panas yang tercapur dengan aluminium) yang terjadi pada unit kerja casting. Berdasarkan hasil analisa diatas, disarankan perusahaan melakukan penanganan terhadap kedua kecelakaan kerja tersebut karena jika tidak segera ditangani perusahaan, maka akan berdampak pada output perusahaan dan akan merusak nama baik perusahaan.*

*Kata Kunci: job safety analysis, proses produksi, resiko, teknologi*

### **1. Pendahuluan**

Pada era globalisasi, untuk dapat bersaing sebuah perusahaan harus memiliki teknologi dan peralatan yang modern agar dapat melakukan proses produksi dengan tingkat produktivitas yang tinggi (Maletic dkk, 2014). Pada PT. DELTA LOGAM MAKMUR (DLM), hampir semua proses produksi menggunakan mesin berteknologi tinggi dan peralatan-peralatan berat, hal ini menyebabkan kesalahan atau kecerobohan pada proses produksi dapat berakibat fatal pada keselamatan para pekerja. Adapun proses yang ada pada PT. DLM adalah *melting*, *die casting*, *baritory*, dan *shotblast*. Proses *melting* dilakukan dengan mesin *central melting furnace*, pada proses ini, *aluminium ingot* dan aluminium sisa produksi dicairkan untuk di gunakan kembali pada proses *casting*. Proses *die casting* merupakan proses pengecoran logam cair ke dalam dies dengan tekanan tinggi dan pada tekanan tinggi dibiarkan membeku selama beberapa detik (Doehler, 2012). Hasil yang didapat berwujud padat, permukaan halus serta ukuran yang presisi. Pada PT DLM mesin *die casting* yang digunakan adalah TOYO BD 350-V5. Sedangkan proses *baritory* dilakukan diluar pabrik atau *subcontract*. Proses *shotblast* merupakan sebuah proses penembakan material biji besi terhadap benda kerja dengan tujuan untuk memberikan warna pada produk (Doehler, 2012).



Dengan semakin tingginya teknologi dan peralatan yang digunakan, semakin tinggi pula tingkat bahaya yang dapat tercipta pada proses produksi untuk itu dibutuhkan sumber daya manusia dan perawatan yang tepat agar proses produksi bisa berjalan sesuai prosedur, lancar dan tidak membahayakan pekerja. Berbagai sumber bahaya di tempat kerja baik psikologi, fisiologis atau tindakan dari manusia sendiri merupakan penyebab terjadinya kecelakaan akibat kerja yang harus ditangani secara dini (Budiono, 2008). Keselamatan kerja adalah kondisi keselamatan yang bebas dari resiko kecelakaan dan kerusakan dimana kita bekerja yang mencakup tentang kondisi bangunan, mesin, peralatan keselamatan kerja, dan kondisi kerja. (Simanjuntak, 1994). Tingginya kecelakaan kerja tidak hanya berbahaya pada pekerja, tapi juga merupakan suatu gangguan untuk proses produksi suatu perusahaan yang berujung pada peningkatan kerugian perusahaan akibat terhambatnya proses produksi. Kecelakaan kerja selain menyebabkan kerugian langsung juga menyebabkan kerugian secara tidak langsung yaitu kerugian pada kerusakan mesin dan peralatan kerja, terhentinya proses produksi, kerusakan lingkungan dan lain-lain (Suma'mur, 2009).

PT. DLM adalah perusahaan manufaktur yang membuat produk bracket dengan melakukan proses casting, PT DLM juga merupakan salah satu supplier utama dari PT Mitsubishi Electric Indonesia (MEAINA). Proses produksi di PT. DLM terus berjalan untuk memenuhi permintaan dari PT. MEAINA, dengan proses produksi yang berjalan terus menerus mengakibatkan waktu untuk perawatan dan pemeliharaan mesin pun semakin terbatas. Hal ini merupakan salah satu penyebab cukup banyaknya kecelakaan kerja. Berdasarkan studi pendahuluan yang dilakukan di PT DLM, terdapat seorang pekerja yang terkena tumpahan aluminium cair panas yang menyebabkan kakinya luka parah pada tahun 2013. Begitu juga pada tahun 2014, saat transfer *laddle* sedang berjalan untuk mengisi *molten* untuk tiap *holding melting furnice* terdapat operator yang tidak hati-hati dan transfer *laddle* membentur kepala operator tersebut dan berakibat retak ringan pada kepala operator. Pada tahun 2015, saat proses injection terjadi *splash*, yaitu kondisi dimana mold yang suhunya tidak pas untuk proses injeksi, diberikan *molten* yang bersuhu panas dengan tekanan tinggi yang menyebabkan keluarnya, *molten* panas dari sela-sela *mold* dan mengenai pekerja disekitar mesin tersebut yang mengakibatkan luka bakar pada beberapa pekerja. Kecelakaan – kecelakaan tersebut berdampak pada kerugian perusahaan baik secara langsung maupun tak langsung, yaitu penundaan pekerjaan dan memberikan citra yang buruk pada PT DLM dimata masyarakat dan pelanggan.

*Project Management Institut Body of Knowledge* mendefinisikan manajemen resiko sebagai sebuah proses yang berkaitan dengan identifikasi, analisis, tanggapan terhadap ketidakpastian termasuk memaksimalkan hasil dari peristiwa positif dan meminimalkan dampak dari peristiwa sebaliknya (Sabarguna, 2011). Proses manajemen resiko proyek terdiri dari identifikasi, penilaian, tanggapan serta pemantauan terhadap resiko (Burke, 2000). Maka pendekatan yang dilakukan terhadap resiko yaitu mengidentifikasi serta mengevaluasi resiko proyek agar dapat mempertimbangkan apa yang akan dilakukan terhadap dampak yang ditimbulkan, kemungkinan pengalihan resiko kepada pihak lain atau bagaimana mengurangi resiko yang terjadi. Manajemen resiko memiliki tujuan pokok untuk membatasi kemungkinan terjadinya dampak resiko dari kegiatan proyek yang bersifat negatif (Setiawan, 2012).

Tujuan penelitian ini adalah untuk melakukan analisis untuk mengidentifikasi potensi terjadinya kecelakaan kerja dan memberikan perbaikan pada proses produksi agar dapat diterapkan untuk mengurangi resiko terjadinya kecelakaan kerja dengan metode *Job Safety Analysis* (JSA). JSA sendiri merupakan metode yang mempelajari suatu pekerjaan untuk mengidentifikasi bahaya dan potensi insiden yang berhubungan dengan setiap langkah, dan digunakan untuk mengembangkan solusi yang dapat menghilangkan dan mengontrol bahaya (Kusumasari, 2014). Karena masih tingginya tingkat kecelakaan kerja pada PT. DLM perlu dilakukan analisis mengenai potensi atau kemungkinan timbulnya kecelakaan kerja pada proses *casting*. Dengan penerapan JSA diharapkan dapat membantu meningkatkan kelancaran jalannya proses produksi pada PT. DLM.



## 2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode Job Safety Analysis (JSA). JSA adalah suatu alat yang dapat menganalisis satu potensi resiko kerja dalam suatu pekerjaan, JSA dapat diterapkan untuk mengurangi potensi resiko kecelakaan kerja (Glenn, 2011). JSA atau sering juga disebut dengan *Job Hazard Analysis* merupakan upaya untuk mempelajari/menganalisa dan serta pencatatan tiap-tiap urutan langkah kerja suatu pekerjaan, dilanjutkan dengan identifikasi potensi-potensi bahaya di dalamnya kemudian diselesaikan dengan menentukan upaya terbaik untuk mengurangi, menghilangkan atau mengendalikan bahaya-bahaya pada pekerjaan yang dianalisa tersebut (Adzim, 2014). Menurut Ramli (2010) JSA digunakan sebagai upaya untuk mengidentifikasi bahaya-bahaya yang terdapat di lingkungan kerja, beserta cara pengendalian atau penanggulangan guna mencegah kecelakaan dan penyakit akibat kerja yang mungkin timbul dari suatu pekerjaan. JSA diharapkan dapat meminimasi kecelakaan kerja yang memiliki potensi terjadi selama proses produksi dengan melakukan tindakan pencegahan sedini mungkin untuk meningkatkan tingkat keselamatan dan kesehatan kerja, proses produksi yang efektif dan efisien serta produktivitas tinggi pada perusahaan.

Tahapan yang pertama kali dilakukan adalah melakukan studi lapangan untuk menemukan masalah yang terjadi pada rantai produksi PT. DLM. Selanjutnya dilakukan identifikasi masalah untuk mengklasifikasikan resiko kerja pada PT. DLM. Studi literatur dilakukan untuk memperdalam materi manajemen resiko. Setelah dilakukan identifikasi masalah dilakukan pengumpulan data dan pembahasan dari data yang telah dikumpulkan. Adapun pengumpulan data tersebut dilakukan dengan brainstorming dengan manajer produksi PT. DLM, wawancara dengan foreman PT. DLM, dan wawancara dengan operator proses *melting*, *casting* dan *shotblasting*. Data yang telah dikumpulkan tersebut diolah dengan melakukan analisa keselamatan kerja, menghitung tingkat keparahan resiko kerja, menghitung kemungkinan terjadinya suatu resiko kerja dan menyusun matriks perhitungan nilai resiko. Selanjutnya dilakukan analisis dari hasil pengolahan data. Berdasarkan hasil analisis, maka dapat ditarik kesimpulan dari penelitian tersebut

Pada tahap pengolahan data, untuk mengukur tingkat kemungkinan terjadinya suatu kejadian digunakan rating likelihood. Adapun rating likelihood dapat dilihat pada tabel 1

Tabel 1. Kerangka pengukuran *likelihood* (Setiawan, 2012)

Probabilitas		Kriteria
Rating	%	
1	0 - 10	Sangat tidak mungkin
2	10 - 30	Kecil kemungkinan tadi tidak mustajil
3	30 - 50	Kemungkinan terjadi
4	50 - 90	Sering terjadi
5	>90	Hampir pasti terjadi

Pada tahap pengolahan data, untuk mengukur tingkat keparahan suatu resiko kerja digunakan rating severity. Adapun rating severity dilihat pada tabel 2

Tabel 2. Kerangka pengukuran *severity* (Setiawan, 2012)

Level	Rating Severity	Keterangan
5	Sangat tinggi	Mengancam program dan organisasi serta stakeholder. Kerugian sangat besar bagi organisasi dari segi keuangan maupun politik
4	Tinggi	



Level	Rating Severity	Keterangan
		Mengancam fungsi program yang efektif dan organisasi. Kerugian cukup besar bagi organisasi dari segi keuangan maupun politik
3	Menengah	Mengganggu administrasi program. Kerugian keuangan dan politik cukup besar
2	Kecil	Mengancam efisiensi dan keefektifan beberapa aspek program. Kerugian kurang material dan sedikit mempengaruhi stakeholder
1	Sangat rendah	Dampak dapat ditangani pada tahap kegiatan rutin. Kerugian kurang material dan tidak mempengaruhi stakeholder

Untuk mengetahui proses-proses produksi yang terkait dengan proses pembuatan produk *bracket* dilakukan teknik wawancara. Wawancara dilakukan pada dua operator proses *melting*, tujuh operator proses *casting*, empat operator proses *shotblasting*, satu *foreman*, dan dua manajer produksi PT. DLM. Tujuan dari wawancara adalah untuk mengetahui proses-proses yang memiliki potensi resiko kecelakaan kerja dan membahas langkah apa saja yang perlu dilakukan untuk menanggulangi potensi resiko kecelakaan kerja tersebut agar dapat dihindari dan diminimalisasi, selain itu responden diminta untuk menentukan ranking tingkat keparahan dari suatu kecelakaan kerja.

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk menganalisis resiko kecelakaan kerja adalah menetapkan kemungkinan dan probabilitas terjadinya suatu kecelakaan kerja pada PT. DLM. Batasan masalah pada penelitian ini yaitu analisis resiko potensi kecelakaan kerja hanya diteliti pada lantai produksi. Dengan meranking resiko kecelakaan kerja berdasarkan tingkat kemungkinan yang terjadinya suatu kecelakaan kerja, dengan ranking 1 sebagai yang hampir mustahil terjadi dan ranking 5 sebagai yang hampir pasti terjadi. Tingkat kemungkinan berdasarkan data jumlah kejadian di perusahaan. Langkah kedua, melakukan ranking atas dampak keparahan untuk setiap kecelakaan kerja. Perolehan ranking, pada langkah satu dan langkah dua didapat dari brainstorming dengan responden, dimana setiap responden meranking dampak keparahan dan probabilitas terjadinya kecelakaan kerja tersebut (Kustiyaningsih, 2011). Langkah ketiga merupakan langkah dimana potensi resiko kecelakaan kerja dipetakan dan diberikan status. Formula untuk menghitung status resiko adalah sebagai berikut :

$$SL = \text{Severity} \times \text{Likelihood} \quad (1)$$

Potensi kecelakaan tersebut disajikan dalam bentuk matrik untuk dapat mengetahui kategori level dari masing – masing potensi kecelakaan yang telah dianalisis pada tabel 3.

Tabel 3. Matriks perhitungan nilai resiko (Elmontsri, 2014)

Likelihood	Severity				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Almost Certain	Moderate	High	Extreme	Extreme	Extreme
Likely	Moderate	Moderate	High	Extreme	Extreme
Possible	Low	Moderate	High	Extreme	Extreme



Unlikely	Low	Low	Moderate	High	Extreme
Rare	Low	Low	Moderate	High	High

Jika suatu resiko kecelakaan kerja terdapat pada kolom berwarna merah, maka dinyatakan bahwa resiko kecelakaan kerja tersebut harus diprioritaskan dalam penanganannya dan merupakan kecelakaan kerja yang paling merugikan, karena meyebabkan cacat pada pekerja, berhentinya proses produksi yang menyebabkan kerugian besar. Bila suatu resiko kecelakaan terletak pada kolom warna orange maka dinyatakan bahwa resiko kecelakaan tersebut cukup merugikan karena dapat membuat terhambatnya proses produksi, dan cedera yang berbahaya. Apabila suatu resiko kecelakaan kerja terletak pada kolom kuning, kecelakaan kerja dapat ditoleransi tetapi sebaiknya diminimalisasi. Nilai dari potensi resiko kecelakaan kerja yang terdapat pada kolom berwarna hijau dapat diterima karena memiliki dampak yang kecil.

Pada langkah keempat, menentukan respon terhadap resiko kecelakaan kerja, respon dapat berupa usulan perbaikan. Untuk langkah kelima, memberikan informasi mengenai resiko kecelakaan kerja yang dapat terjadi dan memberikan usulan perbaikan untuk menanggulangi potensi resiko kecelakaan kerja tersebut.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Identifikasi Resiko

Proses produksi di PT. DLM meliputi *melting*, *die casting*, *baritory* dan *shotblast*. Proses *melting* dilakukan dengan mesin *central melting furnace*, pada proses ini *alluminiumingot* dan aluminium sisa produksi dicairkan untuk di gunakan kembali pada proses casting. Proses diecasting merupakan proses pengecoran logam cair ke dalam dies dengan tekanan tinggi dan pada tekanan tinggi dibiarkan membeku selama beberapa detik (Doehler, 2012). Hasil yang didapat berwujud padat, permukaan halus serta ukuran yang presisi. Pada PT DLM mesin *die casting* yang digunakan adalah TOYO BD 350-V5. Sedangkan proses *baritory* dilakukan diluar pabrik atau *subcontract*. Proses *shotblast* merupakan sebuah proses penembakkan material biji besi terhadap benda kerja dengan tujuan untuk memberikan warna pada produk (Doehler, 2012).

Beberapa resiko yang terjadi adalah pekerja mengalami gangguan pernapasan, hal ini disebabkan karena asap hasil *melting* tidak terbuang, resiko ini terjadi pada pekerjaan pengumpulan alluminium sisa kerja dan pengisian *central furnice* yang merupakan salah satu pekerjaan pada proses *melting*. Begitu juga pada proses *casting*, terdapat resiko tubuh pekerja mengalami luka bakar dan iritasi karena terkena splash, hal ini disebabkan karena kurangnya mesin pendingin pada proses *casting*. Pada proses *shotblast* terdapat resiko pekerja terluka akibat tersandung banyaknya basket yang berserakan, hal ini disebabkan oleh terlalu banyak basket hasil *casting* pada ruang *shotblast*. Penjelasan resiko setiap proses kerja serta penjelasannya dapat dilihat tabel 4.

Tabel 4. Tabel Identifikasi

No	Pekerjaan	Penyebab		Resiko
1	Pengumpulan alluminium sisa kerja dan pengisian central furnice	A	Beban yang didorong pekerja menggunakan trolley terlalu berat	Pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu
		B	Trolley terlempar karena rusaknya mekanisme konveyor belt	Pekerja mengalami luka fatal dari trolley yang terlempar
		C	Asap hasil melting tidak terbuang	Pekerja mengalami gangguan pernapasan
2	Penumpahan atau <i>pouring</i>	A	Aliran <i>molten</i> yang keluar dari <i>central melting</i> terlalu kencang	Pekerja terkena cipratan molten, tangan pekerja mengalami luka bakar



No	Pekerjaan	Penyebab		Resiko
	aluminium panas ke <i>holding furnace</i>	B	<i>Handle</i> penyaring terlalu pendek	Pekerja luka bakar terkena cipratan molten saat pembersihan
		C	Aluminium kotor yang tersaring tidak di tampung	Pekerja mengalami gangguan pernapasan
3	Pengiriman molten ke <i>holding furnace</i>	A	Ketinggian <i>transfer ladle</i> saat diangkat tidak tepat	Kepala pekerja tertabrak <i>ladle</i>
		B	<i>Crane</i> rusak parah	Pekerja mengalami luka fatal tertimpa <i>transfer ladle</i>
4	Proses <i>trimming</i> dan peletakan hasil <i>casting</i> pada basket	A	Pekerja tidak menggunakan <i>safety gloves</i>	Pekerja mengalami luka goresan saat melakukan pengecekan hasil <i>casting</i>
		B	Pekerja tidak dilengkapi alat bantu saat <i>trimming</i>	Pekerja mengalami luka memar pada tangan terkena palu saat <i>trimming</i>
		C	Terdapat gerakan tidak ergonomis saat meletakkan hasil <i>casting</i> pada basket	Punggung pekerja mengalami cedera otot
5	Mengecek hasil <i>casting</i>	A	Hasil <i>casting</i> masih panas	Jari pekerja mengalami luka bakar ringan
6	Proses <i>casting</i>	A	Mesin pendingin tidak mencukupi	Bagian tubuh pekerja mengalami luka bakar dan iritasi karena terkena splash
		B	Asap dari proses <i>casting</i> tidak terbuang	Pekerja mengalami gangguan pernapasan
		C	Suara dari proses <i>casting</i> terlalu besar	Pekerja mengalami gangguan pendengaran
7	Mengumpulkan hasil <i>casting</i> pada tempat <i>shotblast</i>	A	Beban yang didorong pekerja dengan trolley terlalu berat	Pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu
		B	Terlalu banyak basket hasil <i>casting</i> pada ruang <i>shotblast</i>	Pekerja terluka akibat tersandung akibat banyaknya basket yang berserakan
8	Meletakkan hasil <i>casting</i> dari basket pada mesin <i>shotblast</i>	A	Terlalu banyak gerakan repetisi yang tidak ergonomis	Punggung pekerja mengalami cedera otot
9	Proses <i>shotblast</i>	A	Bau sisa proses <i>shotblast</i>	Pekerja mengalami gangguan pernapasan
		B	Terdapat debu sisa <i>shotblast</i> yang bisa masuk ke mata pekerja	Pekerja mengalami iritasi pada mata
10	Proses <i>repacking</i>	A	Terdapat gerakan tidak ergonomis saat meletakkan hasil <i>shotblast</i> pada basket	Punggung pekerja mengalami cedera otot

### 3.2 Penilaian Resiko

Berdasarkan dari resiko yang telah diidentifikasi, dilakukan wawancara dengan manajer lantai produksi, operator, dan foreman pada lantai produksi untuk mendapatkan nilai keparahan dan tingkat kemungkinan suatu resiko kerja terjadi. Tabel 5 adalah hasil pengolahan data dari wawancara yang dilakukan untuk mendapatkan penilaian suatu resiko kerja.



Tabel 5 Penilaian Resiko

No Resiko		Resiko	Risk Matrix		
			S	I	S
1	A	Pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu	2	4	8
	B	Pekerja mengalami luka fatal dari trolley yang terlempar	5	1	5
	C	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	3	2	6
2	A	Pekerja terkena cipratan <i>molten</i> , tangan pekerja mengalami luka bakar	4	2	8
	B	Pekerja luka bakar terkena cipratan <i>molten</i> saat pembersihan	4	2	8
	C	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	4	2	8
3	A	Kepala pekerja tertabrak <i>ladle</i>	3	2	6
	B	Pekerja mengalami luka fatal tertimpa <i>transfer laddle</i>	5	1	5
4	A	Pekerja mengalami luka goresan saat mengecek hasil <i>casting</i>	2	4	8
	B	Pekerja mengalami luka memar pada tangan terkena palu saat <i>trimming</i>	1	3	3
	C	Punggung pekerja mengalami cedera otot	3	3	9
5	A	Jari pekerja mengalami luka bakar ringan	2	3	6
6	A	Bagian tubuh pekerja mengalami luka bakar dan iritasi karena terkena <i>splash</i>	2	5	10
	B	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	3	4	12
	C	Pekerja mengalami gangguan pendengaran	3	4	12
7	A	Pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu	2	4	8
	B	Pekerja terluka akibat tersandung akibat banyaknya basket yang berserakan	2	2	4
8	A	Punggung pekerja mengalami cedera otot	3	3	9
9	A	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	3	3	9
	B	Pekerja mengalami iritasi pada mata	2	3	6
10	A	Punggung pekerja mengalami cedera otot	3	3	9

### 3.3 Analisis Resiko Pada Pekerjaan

Dari hasil identifikasi dan penilaian resiko yang telah dilakukan, maka dapat diketahui resiko mana yang akan menjadi prioritas. Prioritas dari resiko dapat dilihat dari matriks perhitungan nilai resiko yang terdapat pada tabel 6

Tabel 6 Matriks perhitungan resiko

Likelihood	Severity				
	Insignificant	Minor	Moderate	Major	Catastrophic
Almost Certain		6A			
Likely		1A/4A/7A	6B/6C		
Possible	4B	5A/9B	4C/8A/9A/10A		
Unlikely		7B	1C/3A	2A/2B/2C	
Rare					1B/3B





### 3.4 Respon Resiko

Dengan matriks perhitungan nilai resiko, dapat diketahui resiko yang menjadi prioritas perbaikan. Prioritas utama adalah resiko yang berada di area merah. Berhubung dari hasil pengolahan tidak ada resiko yang berada di area merah maka resiko yang berada di area orange diprioritaskan yang akan diprioritaskan untuk tindakan perbaikan karena merupakan resiko yang paling merugikan dan dapat menghambat proses produksi, seperti contoh, pekerja terkena cipratan *molten*, tangan pekerja mengalami luka bakar, pekerja mengalami luka bakar terkena cipratan *molten* saat pembersihan, dan pekerja mengalami gangguan pernapasan, resiko berikut dapat diminimalisasi dengan melakukan modifikasi alat yang digunakan pada pekerjaan tersebut. Pada resiko yang terletak pada area kuning, seperti jari pekerja mengalami luka bakar ringan, pekerja mengalami luka goresan saat melakukan pengecekan hasil *casting*, pekerja mengalami iritasi pada mata, resiko-resiko ini dapat ditangani dengan mengadakan klinik di perusahaan. Untuk resiko pada tabel hijau pekerja mengalami luka memar pada tangan terkena palu saat *trimming* dan pekerja terjatuh akibat tersandung akibat banyaknya basket yang berserakan, resiko ini dapat di terima dengan pengawasan dan kewaspadaan.

### 3.5 Pengendalian Resiko / Control

Dengan pengolahan yang telah dilaksanakan, diketahui resiko yang memiliki prioritas tertinggi sampai terendah, tabel 7 adalah bentuk saran yang digunakan untuk mengendalikan resiko - resiko tersebut. Dari hasil analisis yang telah dilakukan sebaiknya dilakukan pengawasan rutin agar resiko – resiko yang ada dapat tereduksi dan dapat meningkatkan produktivitas lantai produksi

Tabel 7. Pengendalian resiko / control

Prioritas	Resiko		Saran
1	6B	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	Pekerja diberikan masker pelindung
2	6C	Pekerja mengalami gangguan pendengaran	Pekerja diberikan <i>ear plug</i>
3	6A	Bagian tubuh pekerja mengalami luka bakar dan iritasi karena terkena <i>splash</i>	Menambahkan jumlah mesin pendingin
			Menggunakan handuk sebagai penutup leher
4	4C	Punggung pekerja mengalami cedera otot	Membuat desain basket yang dekat dengan pekerja
5	8A	Punggung pekerja mengalami cedera otot	Penataan basket pada di stasiun <i>shotblast</i>
6	9A	Punggung pekerja mengalami cedera otot	Dibuat meja kerja yang tempat meletakkan hasil <i>casting</i> sehingga pekerja tidak harus membungkuk untuk mengambil hasil <i>casting</i>
7	10A	Pekerja mengalami iritasi pada mata	Pekerja diberikan kacamata
8	2A	Pekerja terkena cipratan <i>molten</i> , tangan pekerja mengalami luka bakar	Membuat corong yang mengalirkan aliran <i>molten</i> ke <i>transfer ladle</i> dengan baik
9	2B	Pekerja luka bakar terkena cipratan <i>molten</i> saat pembersihan	<i>Handle</i> dari saringan di perpanjang



Prioritas	Resiko		Saran
10	2C	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	Membuat tempat penampungan untuk alumunium kotor
11	1B	Pekerja mengalami luka fatal dari trolley yang terlempar	Diberikan pagar pelindung
12	3B	Pekerja mengalami luka fatal tertimpa <i>transfer ladle</i>	Melakukan perawatan rutin pada crane
13	1A	Pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu	Dibuat rail agar mendorong trolley lebih mudah
			Mengatur pergiliran pekerja
14	4A	Pekerja mengalami luka goresan saat melakukan pengecekan hasil <i>casting</i>	Menekankan pekerja menggunakan sarung tangan
15	7A	Pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu	Ada rail agar mendorong trolley lebih mudah
			Mengatur pergiliran pekerja
16	1C	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	Penambahan <i>exhaust fan</i>
17	3A	Kepala pekerja tertabrak <i>ladle</i>	Menggunakan <i>safety hat</i>
			Mengatur ketinggian <i>transfer laddle</i> saat pengisian
18	5A	Jari pekerja mengalami luka bakar ringan	Menggunakan tang untuk memegang hasil <i>casting</i> agar tidak terkena langsung
19	9B	Pekerja mengalami gangguan pernapasan	Menambahkan <i>exhaust</i> yang membuang udara hasil <i>shotblast</i> keluar area kerja
20	7B	Pekerja terluka akibat tersandung akibat banyaknya basket yang berserakan	Penataan basket pada di stasiun <i>shotblast</i>
21	4B	Pekerja mengalami luka memar pada tangan terkena palu saat <i>trimming</i>	Penambahan alat bantu berupa tang

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode JSA, diketahui resiko pada proses-proses produksi di PT. DLM. Dari hasil identifikasi terdapat 21 resiko kerja yang terbagi pada 10 pekerjaan di tiap proses produksi. Resiko terparah terletak pada area orange, yaitu pekerja mengalami luka fatal dari trolley yang terlempar, pekerja terkena cipratan *molten*, tangan pekerja mengalami luka bakar, pekerja mengalami luka bakar terkena cipratan *molten* saat pembersihan, pekerja mengalami gangguan pernapasan, pekerja mengalami luka fatal tertimpa *transfer laddle*, punggung pekerja mengalami cedera otot, bagian tubuh pekerja mengalami luka bakar dan iritasi karena terkena *splash*, pekerja mengalami gangguan pernapasan, pekerja mengalami gangguan pendengaran, punggung pekerja mengalami cedera otot, pekerja mengalami gangguan pernapasan, dan punggung pekerja mengalami cedera otot. Resiko – resiko ini dapat diminimasi dengan melakukan modifikasi pada alat yang digunakan untuk bekerja. Resiko yang bertingkat sedang atau terletak area kuning adalah pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu, pekerja mengalami gangguan pernapasan, kepala pekerja tertabrak *laddle*, pekerja mengalami luka goresan saat melakukan pengecekan hasil *casting*, jari pekerja mengalami luka bakar ringan, pekerja mengalami gangguan otot pada punggung dan bahu, dan pekerja mengalami gangguan pernapasan terbesar, respon yang dapat diberikan adalah dengan mengadakan klinik diperusahaan agar resiko – resiko kerja dapat di minimalisasi oleh pihak ketiga. Pada resiko



bertingkat low atau terletak pada area hijau, yaitu pekerja mengalami luka memar pada tangan terkena palu saat *trimming* dan pekerja terluka akibat tersandung akibat banyaknya basket yang berserakan. Resiko ini dapat ditekan dengan melakukan pengawasan kewaspadaan.

#### Daftar Pustaka

- Adzim, H., 2014, *Sistem Manajemen Keselamatan Kerja*. REP unpublished.
- Budiono, A.M.S, 2008, *Bunga Rampai Higiene Perusahaan Ergonomi (HIPERKES) dan Kesehatan dan Keselamatan Kerja*, Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang
- Burke, R. (2000). *Project Management: Planning & Control Techniques Third edition*, John Wiley & Son Ltd, The United Kingdom and Australia
- Doehler, H. H., 2012, *Die Casting*, McGraw Hill Book Company, New York .
- Elmontsri, M., 2014, Review of the Strengths and Weaknesses of Risk Matrices, *Journal of Risk Analysis and Crisis Response*, 4(1), pp. 49-57
- Glenn, D. D., 2011, Job Safety Analysis Is Role Today. *Professional Safety*. pp. 48-57.
- Kustiyarningsih, F, 2011, *Skripsi: Penentuan Prioritas Penanganan Kecelakaan Kerja di PT GE Lighting Indonesia dengan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA)*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret..
- Kusumasari, W.H., 2014, *Skripsi: Penilaian Resiko Pekerjaan dengan Job Safety Analysis (JSA) terhadap Angka Kecelakaan Kerja pada Karyawan PT Indo Acidatama Tbk. Kemiri, Kebakkramat, Karanganyar*. Program Studi Kesehatan Masyarakat, Fakultas Kesehatan Masyarakat, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Maletic, D., Maletic, M., Al-Najjar, B. & Gomiscek, B., 2014, The role of maintenance in improving company's competitiveness and profitability: a case study in a textile company. *Journal of Manufacturing Technology Management*. 25(1), pp.441 – 456.
- Ramli, S., 2010, *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001*, PT Dian Rakyat, Jakarta.
- Sabarguna, B.S., 2011, *Manajemen Proyek berbasis Project Management Body of Knowledge (PM-BOK)*, Universitas Indonesia (UI-Press), Jakarta
- Simanjuntak, P.J., 1994, *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, HIPSMI, Jakarta
- Setiawan, P.F. (2012). Manajemen Resiko Proyek Vale di PT. Multipanel Intermitra Mandiri. *UAJY*. pp. 1-11 <http://e-journal.uajy.ac.id/5660/1/Jurnal.pdf>
- Suma'mur P.K. (2009). *Higiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*, PT. Toko Gunung Agung, Jakarta



## **Analisis Risiko Kerja pada Departemen *Polyster Divisi Staple Fiber Batch* PT. ITS dengan Metode *Job Safety Analysis (JSA)***

**Novie Susanto, Heru Prastawa, Siti Nur Azizah**  
Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Telp. (024) 7460052  
E-mail: nophie.susanto@gmail.com

### **Intisari**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi potensi dan risiko bahaya yang mungkin terjadi dalam suatu pekerjaan dan memberikan usulan perbaikan serta saran guna mewujudkan kondisi kerja yang memiliki tingkat keselamatan kerja tinggi. Penelitian dilakukan di PT ITS pada Departemen Polyster Divisi Staple Fiber Batch terutama untuk pekerjaan drawing dan balling yang memiliki catatan kecelakaan kerja paling banyak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat 4 level pada potensi risiko. Level low seperti membawa beban terlalu berat secara manual dan posisi lengan tangan yang salah pada saat membuka valve. Pada kategori medium seperti pack part jatuh mengenai tubuh dan telinga menerima bunyi 98db. Pada level high seperti tangan mengenai mesin nip pretention dan terjepit dan tertimpa bale. Level ekstrem ditemukan pada kemungkinan tubuh terkena forklift dan tangan terbawa lilitan subtow kemudian terjepit.*

*Kata Kunci: risiko, kerja, Job Safety Analysis*

### **1. Pendahuluan**

Indonesia merupakan salah satu negara yang masuk nominasi 10 negara penghasil tekstil terbesar di dunia. Salah satu perusahaan tekstil yang berkembang adalah PT. ITS yang mulai berdiri tahun 1971. Produk yang dihasilkan adalah *Nylon Filament Yarn, Polyester Filament Yarn, Polyester Staple fiber* dan yang paling terbaru adalah *Resin Compound*. PT.ITS selalu berusaha mengutamakan mutu terbaik untuk kepuasan pelanggan dan mengupayakan keselamatan kerja yang tinggi.

Data kecelakaan kerja yang ada di PT.ITS menunjukkan adanya 18 kecelakaan terbesar di perusahaan di mana 11 kecelakaan berasal dari departemen *Polyester* dan terutama di divisi *staple fiber batch*. Contoh kecelakaan yang terjadi yaitu pada tahun 2008 tergulung di *draw box* yang mengakibatkan tulang lengan bawah kiri patah, kemudian terjadi di proses *balling* dimana tangan pekerja terjepit *balling* sehingga jari manis tangan kiri tersayat dan contoh terakhir pada bagian *drawing* yaitu pekerja terjepit *nip roll* sehingga telunjuk dan jari tengah putus. Dari beberapa contoh kejadian tersebut, pengurangan produktivitas yang ada di perusahaan akan terjadi. Pengurangan produktivitas yang ada di perusahaan juga mengakibatkan penurunan kualitas produk dan citra perusahaan. Kejadian tersebut harus ditindaklanjuti untuk menghindari dan menghilangkan masalah yang timbul baik mengenai proses produksi, perusahaan dan bahkan pekerja secara langsung maupun tidak langsung.

Hal yang dilakukan untuk mengurangi bahkan menghilangkan masalah tersebut dengan melakukan analisis potensi kecelakaan kerja dan risiko yang mungkin timbul pada produksi *staple fiber batch*. Beberapa standar telah dikembangkan untuk menganalisis risiko seperti AS.NZS 4360 (Standard Association of Australia, 1999; 2004) dan Pedoman penilaian resiko (BPKP, 2010). Pentingnya penilaian dan analisis risiko dalam pekerjaan juga banyak dibahas dalam literatur (Cross, 1998, Gilmer, 1966; Glenn, 2011; Hammer, 1989, Ramli, 2009a; 2009b; Sahab, 1997; Suma'mur, 1999 dan Tarwaka, 2008). *Tools* yang digunakan dalam studi ini adalah



menggunakan *Job Safety Analysis (JSA)*. *JSA* merupakan suatu alat yang dapat menganalisis suatu potensi risiko kerja dalam suatu pekerjaan, *JSA* dapat diterapkan untuk dapat mengurangi risiko terjadinya kecelakaan kerja (Glen, 2011). Contoh penggunaan *JSA* dapat dilihat pada studi Rozenfeld dkk. (2010) yang memberikan solusi manajemen keselamatan dalam kegiatan konstruksi dengan penggunaan *JSA*, sedangkan Roznowsky (2013) memberikan solusi pengembangan budaya proaktif keselamatan di konstruksi pelayaran.

Dari proses analisis tersebut akan terlihat rincian kemungkinan kecelakaan yang terjadi dan konsekuensi cedera yang ditimbulkan dengan penilaian yang mengacu pada hasil matriks tingkat risiko dan tingkat keparahan. Dengan diterapkannya *Job Safety Analysis (JSA)* akan meminimasi kecelakaan yang terjadi sehingga memberikan keuntungan bagi perusahaan seperti produktivitas yang ada di perusahaan semakin meningkat dan seluruh kegiatan yang ada di perusahaan menjadi efektif dan efisien. Dari latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi potensi dan risiko bahaya yang mungkin terjadi dalam suatu pekerjaan dan memberikan usulan perbaikan serta saran guna mewujudkan kondisi kerja yang memiliki tingkat keselamatan kerja tinggi.

## 2. Metodologi

Penelitian dimulai dengan survei awal untuk mengetahui permasalahan yang ada di perusahaan secara langsung. Pembahasan topik masalah secara rinci kemudian dilakukan untuk menentukan tujuan, langkah dan model penelitian yang dilakukan. Selain studi lapangan, studi literatur dilakukan untuk mencari sumber analisis dan penguatan latar belakang termasuk di dalamnya pemahaman yang lebih mendalam tentang *JSA*.

Data yang dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara dengan ahli k3 umum yang ada di PT.ITS, 15 operator yang ada di departemen *Polyester* divisi *Staple Fiber Batch* dan jajaran Manager dan Kepala Departemen *Polyester*. Dokumentasi juga merupakan data pendukung dalam pengolahan data. Adapun data yang dikumpulkan adalah dokumentasi pekerjaan yang ada di departemen *Polyester* divisi *Staple Fiber Batch* dan data kecelakaan kerja yang ada di departemen *Polyester* divisi *Staple Fiber Batch*. Pengolahan data yang dilakukan adalah analisis potensi risiko cedera yang ditimbulkan dan perhitungan nilai matriks potensi risiko dan bahaya. Hasil pengolahan data kemudian dianalisis untuk mengevaluasi potensi risiko yang ada dalam kegiatan pekerjaan tersebut.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Deskripsi Pekerjaan Divisi *Staple Fiber Batch* Departemen *Polyester*

Pekerjaan utama yang dilakukan oleh divisi *Staple Fiber Batch* Departemen *Polyester* adalah memproduksi *staple fiber* atau serat sintesis dengan berbagai tipe. Proses produksi dilakukan setiap hari (Senin – Minggu) terdiri dari 3 *shift* yaitu *shift* 1 pukul 06.00 – 14.00, *shift* 2 pukul 14.00 – 22.00 dan terakhir adalah *shift* 3 pukul 22.00 – 06.00.

*Flow process* dari *staple fiber batch* adalah proses *drying* (proses untuk menghilangkan kadar air yang terkandung di dalam *chip* dari proses sebelumnya yaitu proses polimerisasi), proses *spinning* dan *take up* (proses pembuatan *filament* dari bahan baku *dry chip*), proses *drawing* (untuk merubah *subtow* menjadi *tow*). Pada proses ini juga dilakukan penarikan pada *denier staple* (setiap 9.000 m/gr), proses *cutting* (proses ini untuk merubah *tow* menjadi serat sintesis (*staple fiber*) dengan panjang serat sintesis (*staple fiber*) yaitu 38 mm, 44 mm, dan 51 mm), dan yang terakhir adalah proses *balling* (proses ini sering disebut sebagai proses *packaging*). Pada setiap pengemasan ini menggunakan warna kemasan yang berbeda sesuai dengan tipe dari *staple fiber* tersebut dan diberi *label* (identitas) untuk setiap kemasannya). Gambar 1 menunjukkan proses produksi yang dilakukan di divisi *Staple Fiber Batch* Departemen *Polyester*.





Gambar 1. Proses Produksi di divisi *Staple Fiber Batch* Departemen *Polyester*.

### 3.2 Studi Kasus Pekerjaan

Terdapat beberapa proses yang ada di divisi *Staple Fiber Batch* yang masing masing memiliki bahaya tersendiri. Terdapat 11 orang pekerja dalam 1 *shift* yang melakukan pekerjaan di divisi *Staple Fiber Batch* dengan kondisi lantai produksi dengan tingkat kebisingan lebih dari ambang batas 85db, suhu temperatur lebih dari 35 derajat *celcius* dan mesin yang ada rata-rata adalah mesin berputar dan memiliki potensi bahaya yang besar (tahap *drying* mesin berputar 55 *rpm*, tahap *spinning* dan *take up* hingga tahap *balling* mesin berputar berkisar 1417 *rpm* hingga 1500 *rpm*). Dengan kondisi mesin yang otomatis dan perputaran yang kencang maka *safety* dalam melakukan pekerjaan sangat diperlukan. Keselamatan kerja yang tinggi dibutuhkan untuk memperoleh produktivitas tinggi dan menghasilkan produk yang baik. Studi kasus penelitian difokuskan pada proses *drawing* dan *balling* di mana pernah terjadi kecelakaan kerja yang cukup parah.

### 3.3 Identifikasi Risiko dengan JSA

#### 3.3.1 Unit Proses *Drawing*

Pada proses ini bertujuan untuk merubah *subtow* menjadi *tow*. Pada proses ini juga dilakukan penarikan pada *denier staple* (setiap 9.000 m/gr). Tabel 1 menunjukkan analisis potensi kecelakaan kerja pada proses *drawing*.

#### Matriks Perhitungan Nilai Potensi Risiko

Berdasarkan *job safety analysis* yang dilakukan pada proses *drawing* dari hasil perkalian nilai dari *severity* dan *likelihood* maka akan terlihat seberapa besar tingkat bahaya yang ditimbulkan. Dari potensi kecelakaan yang timbul dari pekerjaan *drawing* akan disajikan dalam bentuk matriks sehingga akan terlihat kategori dan level dari masing masing potensi kecelakaan yang telah dianalisis pada *job safety analysis*. Matriks yang menyajikan kategori dan level dari potensi kecelakaan kerja pada proses *drawing* terlihat pada Gambar 2

Tabel 1 Analisis Potensi Kerja Proses *Drawing*

No	Pekerjaan	Potensi Cidera	Konsekuensi	Risk Matrix			Pengendalian yang Ada	Saran
				S	L	RL		
1	Persiapan Ganti <i>Creel</i>	Tangan terbentur dan tertimpa <i>creel</i>	tangan memar dan patah tulang	3	2	6	Memakai sarung tangan, topi	Diberikan <i>training</i> tata cara mengganti <i>creel</i> yang baik kepada pekerja baru, menggunakan <i>safety helmet</i>
		Tubuh terjepit dan tertimpa <i>can</i>	Luka memar dan patah tulang	3	2	6	Memakai sarung tangan, <i>safety shoes</i>	
2	Mengambil Lilitan yang ada pada <i>Roll</i>	Tangan terbawa lilitan <i>subtow</i> kemudian terjepit atau tergulung	Cidera tangan cukup serius hingga kehilangan ruas jari	4	4	16	Memakai sarung tangan, Terdapat peringatan hati hati benda berputar	Memberikan <i>training</i> tentang bahaya mengambil lilitan pada <i>roll</i>
		Tergores lilitan <i>subtow</i>	luka gores	1	3	3	Memakai sarung tangan	
		Tangan mengenai mesin <i>Nip Pretention</i> dan terjepit	Cidera tangan cukup serius	3	3	9	Memakai sarung tangan, Terdapat peringatan hati hati benda berputar	Memberikan <i>training</i> tentang bahaya mengambil lilitan pada <i>roll</i> , Memakai <i>safety gloves</i>



		Matriks Nilai Potensi Risiko				
Likelihood	5					
	4				2A	
	3	2B		2C		
	2			1A/1B		
	1					
		1	2	3	4	5
		Severity				

1A = Tangan terbentur dan tertimpa *creel*

1B = Tubuh terjepit dan tertimpa *can*

2A = Tangan terbawa lilitan *subtow* kemudian terjepit dan tergulung

Gambar 2. Nilai Potensi Risiko Proses *Drawing*

Terdapat 1 poin level rendah yaitu 2B. Level *medium* terdapat 2 poin yaitu 1A dan 1B. Level *high* hanya 1 poin yaitu 2C dan yang terakhir adalah level ekstrem terdapat 1 poin yaitu 2A. Pada poin level rendah yaitu 2B (tergores lilitan *subtow*) dimana level ini keadannya masih dapat diterima. Level selanjutnya adalah *medium* yaitu (tangan terbentur dan tertimpa *creel*) dan (tubuh terjepit dan tertimpa *can*). Kondisi kedua poin ini masih dapat di tolerir namun harus dilakukan tindakan lebih untuk proses pencegahan. Level selanjutnya adalah level *high* pada unit proses kerja *drawing* terdapat 1 poin yaitu 2C (tangan mengenai mesin *Nip Pretention* dan terjepit. Keadaan potensi kecelakaan ini perlu dilakukan perbaikan 24 jam dengan tindakan yang lebih dan khusus agar tidak terjadi kecelakaan. Poin terakhir adalah 2A (tangan terkena lilitan *subtow* kemudian terjepit dan tergulung). Keadaan ini termasuk level yang ekstrem dan termasuk kondisi yang sangat berbahaya. Kondisi ini harus langsung dilakukan tindakan pada saat itu juga, jika tidak maka akan memberikan kerugian pada perusahaan.

### 3.3.2 Unit Proses *Balling*

Proses ini sering disebut sebagai proses *packaging*. Pada setiap pengemasan ini menggunakan warna kemasan yang berbeda sesuai dengan tipe dari *staple fiber* tersebut dan diberi *label* (indentitas) untuk setiap kemasannya. Tabel 2 menunjukkan analisis potensi kecelakaan kerja pada proses *balling*.

#### Matriks Perhitungan Nilai Potensi Risiko

Berdasarkan *job safety analysis* yang dilakukan pada proses *balling* dari hasil perkalian nilai dari *severity* dan *likelihood* maka akan terlihat seberapa besar tingkat bahaya yang ditimbulkan. Dari potensi kecelakaan yang timbul dari pekerjaan *balling* akan disajikan dalam bentuk matriks sehingga akan terlihat kategori dan level dari masing masing potensi kecelakaan yang telah dianalisis pada *job safety analysis*. Matriks yang menyajikan kategori dan level dari potensi kecelakaan kerja pada proses *balling* terlihat pada Gambar 3.

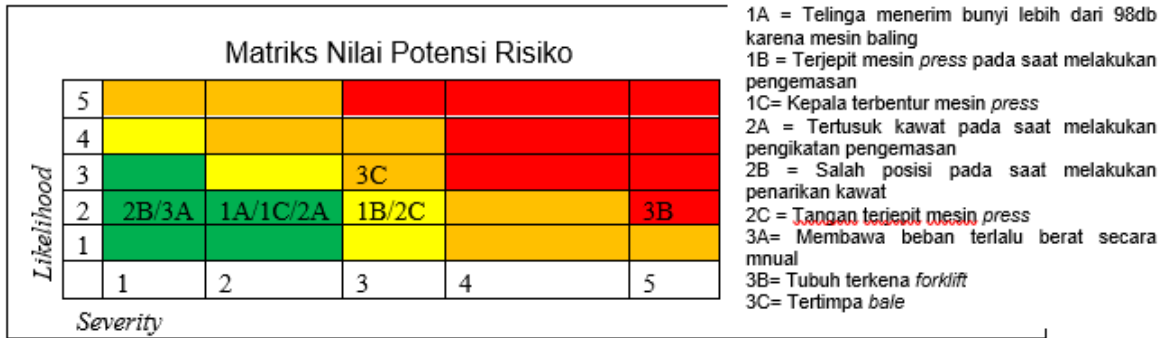




Tabel 2 Analisis Potensi Risiko Kerja Proses *Ballin*

No	Pekerjaan	Potensi Cidera	Konsekuensi	Risk Matrix			Pengendalian yang Ada	Saran
				S	L	RL		
1	Proses pengemasan	Telinga menerima bunyi lebih dari 98db karena mesin <i>balling</i>	Mengalami gangguan pada telinga	2	2	4	Memakai <i>Ear plug</i>	Menggunakan <i>Ear muff</i>
		Terjepit mesin <i>press</i> pada saat melakukan pengemasan	Tangan mengalami patah tulang / retak	3	2	6	Menggunakan Sarung tangan <i>Heat Ressistant</i>	Memakai sarung tangan <i>Padded Cloth Gloves</i> sehingga sesuai standar
		Kepala terbentur mesin <i>press</i>	Mengalami cidera pada kepala	2	2	4	Menggunakan topi	Menggunakan <i>Safety Helmet</i>
2	Proses pengikatan Pengemasan	Tertusuk kawat pada saat melakukan pengikatan pengemasan	Luka tusuk	2	2	4	Menggunakan Sarung tangan <i>Heat Ressistant</i>	Memberikan <i>training</i> khusus operator <i>balling</i> , menggunakan sarung tangan <i>Padded Cloth Gloves</i>
		Salah posisi pada saat melakukan penarikan kawat	Mengalami gangguan otot pada tangan	1	2	2	Menggunakan Sarung tangan <i>Heat Ressistant</i>	
		Tangan terjepit mesin <i>press</i>	Patah tulang pada tangan	3	2	6	Menggunakan Sarung tangan <i>Heat Ressistant</i>	
3	Pemindahan <i>Bale</i> ke gudang sementara	Membawa beban terlalu berat secara manual	Mengalami gangguan otot pada tubuh	1	2	2	Menggunakan alat pengangkut dorong	Memberikan <i>training</i> khusus operator <i>balling</i> , penjadwalan operator dengan pergantian orang 2 jam sekali
		Tubuh terkena <i>forklift</i>	Cidera ringan hingga kematian	5	2	10	Pemisahan area <i>forklift</i> dan pejalan kaki	
		Tertimpa <i>bale</i>	Patah tulang pada tubuh	3	3	9	Menggunakan Sarung tangan <i>Heat Ressistant</i>	Melakukan penjadwalan operator dengan pergantian operator 2 jam sekali, diberi peringatan hati hati pada saat pemindahan <i>bale</i>





Gambar 3 Matriks Nilai Potensi Risiko Proses *Balling*

Dari matrik perhitungan nilai potensi risiko di proses kerja unit *balling* terdapat 5 poin level rendah yaitu 1A(Telinga menerima bunyi lebih dari 98db karena mesin *balling*),1C(Kepala terbentur mesin *press*),2A(Tertusuk kawat pada saat melakukan pengemasan),2B(salah posisi pada saat melakukan penarikan kawat), dan 3A(Membawa beban terlalu berat secara manual).Level ini keadannya masih dapat diterima namun tetap diperlukan adanya pengendalian. Level selanjutnya adalah *medium* yaitu 1B(Terjepit mesin *press* pada saat pengemasan) dan 2C (Tangan terjepit mesin *press*). Kondisi kedua poin ini masih dapat di tolerir namun harus dilakukan tindakan lebih untuk proses pencegahan. Level selanjutnya adalah level *high* pada unit proses kerja *balling* terdapat 1 poin yaitu 3C (Tertimpa *bale*).Keadaan potensi kecelakaan ini perlu dilakukan perbaikan 24 jam dengan tindakan yang lebih dan khusus agar tidak terjadi kecelakaan. Poin terakhir adalah 3B (Tubuh terkena *forklift*). Keadaan ini termasuk level yang ekstrem dan termasuk kondisi yang sangat berbahaya. Kondisi ini harus langsung dilakukan tindakan pada saat itu juga, jika tidak maka akan memberikan kerugian pada perusahaan.

### 3.4 Pembahasan

Dengan adanya analisa risiko dengan menggunakan *JSA* maka akan muncul analisa yaitu :

1. Kemungkinan bahaya yang muncul.

Pada pekerjaan yang ada di departemen Polyester divisi *spinning batch* dengan digunakannya metode *JSA (Job Safety Analysis)* muncul bahaya-bahaya yang muncul mulai dari level *low, medium, high*, dan ekstrem. Bahaya yang muncul pada tingkat rendah atau *low* seperti posisi lengan tangan yang salah pada saat membuka *valve*, mata terkena *filamen* pada saat proses penyambungan gagal dan kepala terbentur mesin *press*. Hal tersebut hanya menimbulkan cedera ringan dan kerugian finansial sedikit.

Level selanjutnya adalah level *medium*. Bahaya yang termasuk dalam level *medium* adalah tubuh terkena sisa chip, pack part jatuh mengenai tubuh dan telinga menerima bunyi 98db. Bahaya tersebut masuk kedalam kategori level *medium* dikarenakan menimbulkan cedera ringan dan kerugian finansial sedang.

Untuk bahaya yang termasuk dalam level *high* adalah Tangan mengenai mesin *Nip Pretention* dan terjepit dan tertimpa *bale*. Apabila terjadi diperlukan penanganan medis dan menimbulkan cedera sedang. Kerugian finansial cukup besar.

Kategori paling terakhir adalah kategori ekstrem. Kategori ini akan mengakibatkan kerugian pada sangat besar, mulai dari penghentian proses produksi bahkan kualitas produk yang akan tidak sesuai. Contoh yang termasuk dalam kategori ini adalah tubuh terkena *forklift* dan tangan terbawa lilitan *subtow* kemudian terjepit.

2. Tingkat kemungkinan terjadinya potensi kecelakaan

Dari hasil analisis yang dilakukan dengan metode *JSA* ini terlihat bahwa rata-rata kondisi potensi bahaya dapat muncul sewaktu-waktu apabila pekerja tidak menaati peraturan yang ada. Baik dalam penggunaan alat pelindung diri, kurang berkonstrasi dan kurang patuh dalam prosedur dari perusahaan mengenai *safety*. Potensi bahaya dikondisi tertentu lainnya sebagian



cenderung menunjukkan bahwa kondisi bahaya hampir tidak terjadi dikarenakan penanganan dan pengendalian sesuai yang diperlukan sehingga peluang muncul hampir jarang terjadi.

3. Tingkat *severity* atau tingkat keparahan dari terjadinya potensi kecelakaan

Akibat yang dapat terjadi dari adanya kecelakaan kerja dapat dikategorikan menjadi beberapa tingkatan, dari analisis potensi kecelakaan kerja yang telah dilakukan keparahan dari potensi bahaya yang ada paling banyak muncul yaitu pada tingkat 4, 3 dan 2. Dimana tingkat 4 merupakan akibat yang dapat menyebabkan cacat fisik dan menimbulkan kerugian materi yang cukup besar, sedangkan tingkat 3 menyebabkan pekerja kehilangan hari kerjanya. terakhir pada tingkat 2 pekerja mengalami cedera sedang.

4. Tingkat potensi dari risiko kecelakaan kerja

Tingkat potensi risiko kecelakaan kerja didapatkan dari kombinasi antara nilai keparahan dan kemungkinan terjadinya potensi kecelakaan yang ada. Berdasarkan perhitungan dan tampilan matriks risiko, bahaya paling banyak yaitu pada tingkat *high*, *medium* dan *low*. Namun diantara ketiganya yang paling bahaya adalah level *high*. Dimana pada posisi ini menjelaskan bahwa risiko yang diakibatkan oleh bahaya pada level *high* ini memerlukan perbaikan dalam waktu 24 jam, untuk itu segala potensi bahaya harus dapat diidentifikasi dan diberikan pengendalian yang dibutuhkan sehingga dapat menghindari terjadinya potensi bahaya dan risiko yang ada.

5. Penggunaan metode kontrol

Penggunaan *JSA (Job Safety Analysis)* berdasarkan potensi risiko dan kecelakaan kerja yang terjadi, dapat diminimalisir dengan menggunakan berbagai pengendalian seperti menerapkan kebijakan – kebijakan yang berkaitan dengan kesehatan dan keselamatan kerja. Pengendalian metode kontrol dapat berupa rekayasa teknik dan rekayasa manajemen. Pengendalian yang dilakukan seperti pelatihan untuk pekerja baru, pelatihan penggunaan alat dengan prosedur yang baik, penambahan alat pelindung diri (APD) yang sesuai dengan prosedur dan pemberian rambu rambu peringatan.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan maka disimpulkan bahwa potensi dari kecelakaan kerja dan bahaya pada PT. ITS khususnya di departemen *Polyester* divisi *Staple fiber Batch* perlu dilakukan identifikasi agar dapat dibuat tindakan pencegahan sehingga mengurangi risiko dari bahaya yang muncul. Terdapat 4 level pada potensi risiko. Level *low* seperti membawa beban terlalu berat secara manual dan posisi lengan tangan yang salah pada saat membuka *valve*. Pada kategori *medium* seperti pack part jatuh mengenai tubuh dan telinga menerima bunyi 98db. Pada level *high* seperti tangan mengenai mesin *nip pretention* dan terjepit dan tertimpa *bale*. terakhir adalah level esktrm seperti tubuh terkena *forklift* dan tangan terbawa lilitan *subtow* kemudian terjepit. Keseluruhan potensi bahaya yang timbul tersebut merupakan hasil dari identifikasi berdasarkan pekerjaan dan aktivitas yang ada di divisi *staple fiber batch* departemen polyester.

Setelah mengetahui hasilnya, diperlukan perbaikan untuk meminimasi risiko kecelakaan yang terjadi seperti perlu adanya pelaksanaan *training* Kesehatan dan Keselamatan Kerja (K3) untuk para pekerja sehingga lebih dapat memiliki gambaran mengenai pentingnya penggunaan alat pelindung diri (APD) dan mematuhi rambu – rambu keselamatan kerja, mengetahui potensi terjadinya kecelakaan kerja dan cara proteksi diri dari kecelakaan kerja yang mungkin terjadi, melakukan *continuous improvement* dengan pengecekan secara berkala terhadap pengendalian *safety* di perusahaan yang sudah dilakukan dan membuat kebijakan baru mengenai pengendalian *safety* yang ada di perusahaan.



### Daftar Pustaka

- Badan Pengawasan Keuangandan Pembangunan (BPKP).2010. "*Pedoman Risk Assesment*. Jakarta: Deputi Bidang Investigasi BPKP.
- Cross, J.1998. Study Notes: *Risk Management, University of New South Wales, Sydney*
- Gilmer, V. H. 1966. *Industrial psychology*. USA: McGraw Hill Book Company Inc.
- Glenn, D. 2011. *Job Safety Analysis is role today*.
- Hammer, W. 1989. *Occupational safety management and engineering*. London : Prentice Hall PTR
- International labour Office*. 1999. Yearbook of Labour Statistics. Geneve : ILO. *International Ltd Sydney Australia*
- Ramli, S. 2009a. *Pedoman Praktis Manajemen Risiko Dalam Perspektif K3 OHS Risk Management* . Penerbit Dian Rakyat. Jakarta
- Ramli, S. 2009b. *Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja OHSAS 18001* . Penerbit Dian Rakyat. Jakarta
- Rozenfeld, O., Sacks, R., Rosenfeld, Y. and Baum, H., (2010). Construction Job Safety Analysis. *Journal of Safety Science* 48 (4), 491-498.
- Roznowsky, A.A. (2015). Building A Proactive Safety Culture Through the Use of Job Safety Analysis and Job Safety Analysis Audits. *Terra et Aqua*. Number 140. September 2015.
- Sahab, S. 1997. *Tehnik Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: PT. Bina Sumber Daya Manusia.
- Standard Association of Australia. 1999. *Risk Management: AS/NZS 4360*. New South Wales: Standard Association of Australia
- Standard Association of Australia. 2004. *Risk Management: AS/NZS 4360*. New South Wales: Standard Association of Australia
- Suma'mur. 1999. *Hygiene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*. Jakarta: Gunung Agung
- Tarwaka .2008. *Manajemen dan Implementasi K3 Di Tempat Kerja*. Surakarta: Harapan Press.



## **Redesign Gawangan dan Kursi pada Proses Pencantingan Batik Tulis**

**<sup>1</sup>Poppy Nandasari, <sup>2</sup>Bambang Suhardi, <sup>3</sup>Susy Susmartini**

<sup>123</sup>Program Studi Sarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jalan Ir. Sutami No. 36 A, Kota Surakarta, 57126, Indonesia  
Telp. 0271-632110  
Email : nandapoppy@gmail.com

### **Intisari**

*Berdasarkan pengamatan di Perusahaan Batik Merak Manis pada bagian pencantingan batik tulis, pekerja bekerja dengan duduk di dishingklik / kursi pendek yang terbuat dari kayu, dan tanpa sandaran punggung. Pekerja duduk menghadap kain yang ditempatkan di hamparan bambu yang disebut gawangan. Oleh karena itu, dalam menggambar batik, posisi perajin batik duduk menghadap gawangan dengan sedikit menunduk dan sedikit membungkuk, tangan kanan memegang canting untuk meletakkan lilin pada kain, sementara tangan kiri memegang bagian bawah kain, posisi kaki menekuk di bawah pantat atau sering kali bertumpu satu sama lain. Tujuan penelitian adalah menghasilkan gawangan dan kursi untuk memperbaiki postur pekerja di bagian pencantingan batik tulis. Observasi awal menggunakan Rapid Upper Limb Assessment (RULA), memperoleh skor 5, yang berarti bahwa penyelidikan lebih lanjut diperlukan dan dibutuhkan perbaikan segera. Pengamatan awal juga diperkuat dengan Nordic Body Map (NBM) yang dilakukan untuk mengidentifikasi ketidaknyamanan pekerja melalui keluhan. Dengan mempertimbangkan hasil penilaian postur pekerja dengan metode RULA dan NBM kemudian dilakukan perbaikan proses kerja, menggunakan value engineering. Output yang dihasilkan dari penerapan metode value engineering adalah rekomendasi agar gawangan dan kursi pada bagian pencantingan batik tulis dapat diperbaiki melalui redesign.*

*Kata Kunci: Batik Tulis, RULA, NBM, Product Design, Value Engineering*

### **1. Pendahuluan**

Batik tulis adalah kain batik yang dalam pembuatannya membentuk motif atau corak batik dengan menggunakan tangan dan alat bantu canting (Lisbijanto, 2013). Dalam pembuatan batik, khususnya batik tulis dibutuhkan keahlian khusus, konsisten dan sabar (Moerniwati, 2013). Setiap produk batik tulis mempunyai ciri khas, yang tidak sama persis dengan produk batik lainnya, serta memerlukan waktu yang relatif lebih lama dalam pembuatannya, sehingga membuat harga kain batik tulis ini relatif lebih mahal (Lisbijanto, 2013).

Dalam menghasilkan batik tulis diperlukan berbagai macam peralatan yang dioperasikan secara manual. Peralatan yang digunakan antara lain wajan, anglo atau kompor, canting, gawangan, bandul, kain mori, malam, pola, meja mal, bejana pencelup, bejana pelarut lilin, alat kerok, kolam pencucian, tempat jemuran, dan bahan pewarna (Lisbijanto, 2013). Proses produksi selebar batik tulis terlebih dahulu melalui proses pemeriksaan kain, perendaman kain, pembuatan pola batik di atas kain, pencantingan, pelorotan yaitu kain dimasukkan ke dalam bak air panas agar malam lepas dari kain, proses berikutnya kain batik diberi isen-isen yakni memberi corak pada bagian tertentu kemudian ditutup dengan malam (semacam lilin khusus yang digunakan dalam proses pembuatan batik), selanjutnya kain dimasukkan ke dalam bak kedua untuk diberi warna soga (cokelat) pada bagian pola baru. Terakhir, kain yang telah diberi soga dilorot kembali, dicuci, dan kemudian dijemur pada tempat yang tidak langsung terkena sinar matahari. Setelah kering, kain dilipat dan didiamkan selama satu malam agar kain menjadi lebih halus (Dewi, 2010).



Berdasarkan pengamatan di Perusahaan Batik Merak Manis bagian proses pencantingan, pekerja batik tulis bekerja dengan posisi duduk pada *dhingklik* yang terbuat dari kayu, dan tanpa sandaran punggung. Pekerja duduk menghadap kain yang ditempatkan di hamparan bambu yang disebut gawangan. Ketinggian *dhingklik* adalah 32 cm dan gawangan 88 cm. Sehingga pada saat membatik, posisi pekerja batik tulis duduk menunduk dan sedikit membungkuk, tangan kanan memegang canting untuk melekatkan lilin pada kain, sedangkan tangan kiri memegang bagian bawah kain, posisi kaki bertumpu satu sama lain atau terkadang menekuk. Posisi kerja seperti ini terjadi cukup lama yakni 8 jam sehari dengan jeda waktu istirahat 1 jam.

Melalui pengamatan awal dengan menggunakan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), terhadap posisi kerja aktivitas membatik, diperoleh nilai RULA sebesar 5, artinya penyelidikan terhadap sistem kerja dibutuhkan dan diperlukan perbaikan segera.

Selain menggunakan RULA, pengamatan awal juga diperkuat dengan menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM), yang merupakan salah satu alat ukur berupa kuesioner, yang digunakan untuk mengetahui bagian-bagian otot yang mengalami keluhan mulai dari rasa tidak nyaman (agak sakit) sampai sangat sakit. Berdasarkan observasi dan wawancara NBM terhadap pekerja di Perusahaan Batik Merak Manis, diperoleh hasil penilaian bahwa pekerja mengalami sakit pada bagian leher atas, dan pinggang sebesar 100%; pantat sebesar 67%; tengkuk, bahu kiri, bahu kanan punggung dan betis kiri sebesar 50%; serta lengan atas kiri dan betis kanan sebesar 33%.

Dengan mempertimbangkan hasil penilaian postur kerja yang telah dilakukan dengan metode RULA dan diperkuat dengan NBM, maka perlu segera dilakukan perbaikan proses kerja terhadap sistem kerja pada bagian pencantingan batik tulis. Metode yang akan digunakan adalah *value engineering* yang dikenal sebagai pendekatan sistematis untuk menganalisis fungsi sistem, peralatan dan fasilitas, dengan tujuan untuk mencapai fungsi yang sama dengan biaya terendah (Mandelbaum dan Reed, 2006). *Output* yang dihasilkan dari penerapan metode *value engineering* adalah rekomendasi agar gawangan dan kursi pada bagian pencantingan batik tulis dapat diperbaiki melalui *redesign*.

## 2. Metodologi

Perancangan alat bantu ini dilakukan dengan menggunakan metode rekayasa nilai atau *value engineering*. Metode ini terdiri dari lima tahap, yaitu tahap informasi, tahap kreatif, tahap evaluasi, tahap pengembangan, dan tahap rekomendasi.

Tahapan informasi merupakan tahap awal dari kelima tahapan kerja. Pada tahapan informasi diawali dengan keluhan pekerja, serta identifikasi kebutuhan untuk mendapatkan keluhan tentang penggunaan gawangan dan *dhingklik* yang ada. Tahapan kreatif merupakan tahapan yang berhubungan dengan pembuatan alternatif ide atau konsep desain untuk menyelesaikan proses rekayasa yang dilakukan, dengan cara *brainstorming*. Tahap evaluasi merupakan tahapan untuk menganalisa kelebihan dan kekurangan alternatif oleh beberapa pemilik perusahaan, untuk kemudian dipilih satu alternatif terbaik sebagai desain usulan. Tahapan pengembangan, merupakan perbaikan alternatif atas dasar usulan dari beberapa pemilik perusahaan, pengembangan desain juga mempertimbangkan antropometri pekerja. Selain itu pada tahapan pengembangan, dilakukan penaksiran biaya pembuatan untuk mengetahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan untuk membuat satu produk tersebut. Tahapan rekomendasi, merupakan tahapan untuk membandingkan produk hasil rekomendasi dengan produk yang sudah ada, menggunakan analisa postur tubuh *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), untuk mengetahui penurunan level risiko.



### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Tahap Informasi

Pada proses pencantingan batik tulis terdapat beberapa aktivitas yang berpeluang untuk menimbulkan rasa nyeri pada tubuh pekerja. Pada kondisi awal, pekerja harus menahan kain dengan tangan kiri agar dapat dibatik, hal ini mempunyai risiko bahwa tangan kiri terkena lilin/malam yang panas. Kain yang sudah ataupun belum dibatik jatuh ke lantai yang kotor karena terkena lilin/malam. Selain itu pekerja duduk di *dhingklik* (kursi pendek), yang terlalu rendah kaki bertumpu satu sama lain atau terkadang menekuk. Pekerja juga duduk di *dhingklik* (kursi pendek) tanpa sandaran punggung, mengakibatkan pekerja merasakan nyeri pada bagian pinggang dan punggung. Serta *dhingklik* yang digunakan mempunyai dudukan kursi yang keras, mengakibatkan nyeri pada bagian pantat.

Berdasarkan pengamatan awal dengan menggunakan *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), terhadap posisi kerja aktivitas membatik, diperoleh nilai RULA sebesar 5, artinya penyelidikan terhadap sistem kerja dibutuhkan dan diperlukan perbaikan segera.

Selain menggunakan RULA, pengamatan awal juga diperkuat dengan menggunakan metode *Nordic Body Map* (NBM). Berdasarkan observasi dan wawancara NBM terhadap pekerja, diperoleh hasil penilaian bahwa pekerja mengalami sakit pada bagian leher atas, dan pinggang sebesar 100%; pantat sebesar 67%; tengkuk, bahu kiri, bahu kanan punggung dan betis kiri sebesar 50%; serta lengan atas kiri dan betis kanan sebesar 33%.



Gambar 1. Kondisi Awal Pencantingan Batik

Berdasarkan hasil wawancara dengan pekerja serta pihak perusahaan, diperoleh informasi mengenai keluhan dan harapan pekerja yang digunakan untuk memperbaiki postur tubuh pekerja. Penjabaran kebutuhan dibuat untuk menyusun konsep perbaikan pada alat bantu pencantingan batik. Hal ini dilakukan agar dapat memberikan solusi terhadap keluhan yang dialami oleh pekerja pada saat melakukan aktivitas pencantingan batik. Identifikasi keluhan dan kebutuhan para pekerja untuk gawangan ditunjukkan tabel 1.

Tabel 1. Keluhan dan Kebutuhan Pekerja untuk Gawangan

No	Keluhan Pekerja	Penjabaran Kebutuhan
1	Pekerja merasa lelah dan kurang nyaman pada bagian tubuh leher atas, tengkuk, bahu kiri, bahu kanan, lengan atas kiri.	Terdapat alat bantu yang nyaman digunakan dan mengurangi rasa nyeri saat bekerja.
2	Pekerja merasa kain mori yang belum dan sudah dibatik kotor, karena tertempel malam/lilin yang jatuh ke lantai.	Terdapat alat bantu agar kain mori tidak jatuh ke lantai.
3	Pihak perusahaan menginginkan perawatan yang mudah dan bisa ditangani sendiri.	Terdapat alat bantu yang mudah didapatkan di pasaran, serta mudah dalam pemasangan dan penggantian komponen.

Identifikasi keluhan dan kebutuhan para pekerja untuk *dhingklik* dinyatakan dalam tabel 2



Tabel 2. Keluhan dan Kebutuhan Pekerja untuk Kursi

No	Keluhan Pekerja	Penjabaran Kebutuhan
1	Pekerja merasakan nyeri pada tubuh bagian pinggang, punggung, betis kiri, dan betis kanan, dan pantat	Terdapat alat bantu yang nyaman digunakan dan mengurangi rasa nyeri saat bekerja.
2	Pekerja merasakan dudukan yang digunakan saat ini terlalu sempit.	Terdapat alat bantu yang sesuai dengan ukuran tubuh pengguna.
3	Pihak perusahaan menginginkan perawatan yang mudah dan bisa dilakukan sendiri.	Terdapat alat bantu atau komponen yang mudah didapatkan di pasaran.

### 3.2 Tahap Kreatif

Berdasarkan keluhan dan penjabaran kebutuhan, maka pada tahap ini akan dikembangkan suatu ide pemecahan masalah berdasarkan kebutuhan pekerja yang menyesuaikan dengan prinsip ergonomi. Alternatif penyelesaian produk gawangan dijabarkan dalam Tabel 3

Tabel 3. Alternatif Penyelesaian Produk untuk Gawangan

No	Dimensi Kualitas	Pertanyaan	Keluhan Pekerja	Penjabaran Kebutuhan	Alternatif Penyelesaian
1	<i>Performance and Conformance</i> : Berkaitan dengan aspek fungsional suatu barang dan tingkat kesesuaian terhadap spesifikasi yang ditetapkan.	Apa keluhan yang dirasakan pekerja selama aktivitas membatik?	Pekerja merasakan nyeri pada leher atas, tengkuk.	Terdapat alat bantu yang nyaman digunakan dan mengurangi rasa nyeri saat bekerja	Mendesain gawangan yang sesuai dengan dimensi antropometri
			Pekerja merasakan nyeri pada bahu kiri, bahu kanan, dan lengan atas kiri		Mendesain model gawangan baru yang di tambahkan alat bantu berupa tatakan tangan.
2	<i>Feature</i> : Berkaitan dengan kegunaan untuk menambah fungsi dasar produk dan pengembangannya	Fitur tambahan apa yang diinginkan pada gawangan selain fungsi utamanya?	Pekerja menginginkan adanya fitur yang menyebabkan kain yang sudah atau belum di batik agar tidak jatuh ke lantai dan menyebabkan kotor.	Terdapat fitur tambahan agar kain tidak jatuh ke lantai	Mendesain gawangan yang sesuai dengan panjang kain, atau desain yang memiliki laci agar kain tidak jatuh ke lantai
3	<i>Serviceability</i> : Berkaitan dengan kemudahan dalam memberikan layanan untuk perbaikan alat.	Apakah perawatan alat akan dilakukan sendiri atau diserahkan pihak lain?	Pihak perusahaan menginginkan perawatan mudah dan bisa dilakukan sendiri.	Terdapat alat bantu yang mudah didapatkan di pasaran, dan penggantian komponen mudah	Menggunakan material mudah didapat di pasaran, serta pemasangan dan penggantian yang mudah





Alternatif penyelesaian produk kursi akan dijabarkan dalam Tabel 4.

Tabel 4. Alternatif Penyelesaian Produk untuk Kursi

No	Dimensi Kualitas	Keluhan Pekerja	Penjabaran Kebutuhan	Alternatif Penyelesaian
1	<i>Performance and Conformance</i> : Berkaitan dengan aspek fungsional suatu alat dan tingkat kesesuaian terhadap spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya	Pekerja merasakan nyeri pada pinggang, punggung.	Terdapat alat bantu yang nyaman digunakan dan mengurangi rasa nyeri saat bekerja.	Mendesain sandaran punggung pada kursi.
		Pekerja merasakan nyeri pada betis kiri, dan betis kanan.		Mendesain kursi dengan dimensi sesuai antropometri pengguna.
		Pekerja merasakan nyeri pada pantat, karena dudukan kursi keras.		Mendesain kursi yang terdapat busa yang nyaman pada dudukan kursi
		Pekerja merasa dudukan yang digunakan saat ini terlalu sempit.	Terdapat alat bantu yang sesuai ukuran tubuh pengguna.	Mendesain kursi dengan dimensi sesuai antropometri pengguna.
2	<i>Serviceability</i> : Berkaitan kemudahan dalam memberikan layanan perbaikan barang.	Pihak perusahaan menginginkan perawatan yang mudah dan bisa dilakukan sendiri.	Terdapat alat bantu atau komponen yang mudah didapatkan di pasaran.	Menggunakan material yang mudah didapatkan dipasaran.
				Pemasangan dan penggantian komponen mudah.

### 3.3 Tahap Evaluasi

Terhadap beberapa alternatif yang muncul, dilakukan analisa dan evaluasi untuk mengetahui kekurangan dan kelebihan. Menurut Ulrich dan Eppinger (2001), terdapat beberapa kriteria yang menjadi dasar pemilihan satu konsep produk, diantaranya : kemudahan penanganan, kemudahan penggunaan, kemudahan proses manufaktur. Oleh karena itu, alternatif desain yang diusulkan untuk perancangan gawangan dan kursi adalah sebagai berikut:

#### 1. Alternatif 1

Pada alternatif 1 diberikan desain gawangan yang sesuai dengan antropometri dan diharapkan dapat mengurangi rasa nyeri pada tubuh pekerja. Untuk mengurangi risiko nyeri pada bagian bahu kiri, bahu kanan, dan lengan atas kiri, maka difasilitasi dengan tatakan tangan. Agar kain yang sudah atau belum dibatik tidak jatuh ke lantai, maka dibuat desain laci. Ukuran gawangan disesuaikan dengan panjang kain. Penggunaan material besi merupakan permintaan dari pihak perusahaan, karena nantinya perusahaan yang akan memakai produk tersebut. Selain itu penggunaan material pipa besi juga mudah didapatkan di pasaran, serta harga yang relatif murah.

Pada kursi, diberikan desain yang disesuaikan dengan antropometri, dan diharapkan dapat mengurangi rasa nyeri pada tubuh pekerja, seperti pinggang, punggung, betis kiri, betis kanan serta pantat. Ukuran dudukan kursi juga disesuaikan dengan antropometri, karena yang digunakan saat ini terlalu sempit. Diberikan sandaran punggung karena menurut Nurmianto (2008) dengan adanya sandaran punggung dapat mengurangi usaha otot yang kaku dan tegang, hal ini juga mengurangi cedera tulang belakang. Hal serupa juga dinyatakan oleh Purnomo (2013) bahwa sandaran punggung berfungsi untuk menahan beban punggung ke arah belakang. Penggunaan kayu pada kursi dipilih karena komponen ini mudah didapatkan di pasaran, dengan harga yang relatif murah.





Gambar 2. Alternatif 1 Fasilitas Kerja Batik

Tabel 5. Estimasi Biaya Alternatif 1

No	Komponen	Bahan	Jumlah	Harga
1	Gawangan	Besi pipa medium hitam	2	Rp 95,000.00
2		Papan kayu borneo super 2cmx20cmx4 m	3	Rp 105,000.00
3		Cat besi 200 gr	2	Rp 32,000.00
4		Kuas 2 inch	1	Rp 5,000.00
5		Thinner 1/2 L	1	Rp 9,000.00
6	Kursi	Kayu balok meranti 6cm x 12cm x 4m	1	Rp 80,000.00
7		Papan kayu borneo super 2cmx20cmx4 m	1	Rp 35,000.00
8		Busa	1	Rp 20,000.00
9	Wadah kompor	Besi kotak 25x25	1	Rp 46,000.00
10		Besi L 4 cm x 4 cm (1 kg)	0.5	Rp 8,500.00
11		Papan kayu borneo super 2cmx20cmx4 m	1	Rp 35,000.00
12	Biaya Tenaga Kerja			Rp 150,000.00
			<b>TOTAL</b>	Rp 620,500.00

## 2. Alternatif 2

Pada alternatif 2, desain dibuat berdasarkan penelitian Agusti (2010), dimana terdapat beberapa kelemahan pada desainnya. Adapun kelemahan tersebut seperti :

- Tidak adanya fitur laci untuk wadah kain mori yang masih bersih, fitur ini penting karena terdapat kebiasaan para pekerja yang meletakkan kain yang masih bersih di lantai yang penuh dengan lilin/malam.
- Tidak adanya fitur untuk menampung kain yang telah dibatik, sehingga lilin/malam menempel satu sama lain, dan menyebabkan hasil batik kurang maksimal.
- Terlalu banyak penjepit pada fitur gawangan, dikhawatirkan lilin yang sudah dibatik menempel pada penjepit.
- Tidak adanya fitur penyangga tangan (tatakan tangan), sehingga pekerja banyak mengeluhkan nyeri pada tubuh bagian atas.
- Desain kursi yang tinggi dikhawatirkan menimbulkan ketidaknyamanan pada pekerja, karena yang akan memakai produk ini adalah wanita paruh baya.
- Desain wadah kompor juga terdapat kelemahan yakni wadah kompornya menyatu dengan gawangan sehingga dikhawatirkan terdapat risiko kain atau gawangan yang terbakar.

Berdasarkan identifikasi kebutuhan dan beberapa kelemahan dari penelitian sebelumnya, maka perlu dirancang gawangan dan kursi berdasarkan kebutuhan. Pada alternatif 2 diberikan desain gawangan yang sesuai dengan antropometri, agar tidak menimbulkan rasa nyeri pada tubuh bagian atas. Untuk mengurangi risiko nyeri pada bahu kiri, bahu kanan, dan lengan atas kiri, maka dirancang tatakan tangan. Agar kain yang tidak jatuh ke lantai, maka dibuat desain laci gawangan yang digunakan untuk menampung kain mori yang belum dibatik. Penambahan fitur laci pada bagian bawah, digunakan untuk menampung kain yang telah dibatik.





Gambar 3. Alternatif 2 Fasilitas Kerja Batik  
Tabel 6. Estimasi Biaya Alternatif 2

No	Komponen	Bahan	Jumlah	Harga
1	Gawangan	Papan kayu borneo super 2cmx20cmx4m	21	Rp 735,000.00
2		Kayu balok meranti 6cm x 12cm x 4m	2	Rp 160,000.00
3		Engsel 4' x 3' x 2mm	1	Rp 36,000.00
4		Besi silinder pejal 4,5 x 1 inch	1	Rp 13,000.00
5		Cat kayu 1 kg	1	Rp 48,000.00
6		Kuas 2 inch	1	Rp 5,000.00
7		Thinner 1 L	1	Rp 18,000.00
8	Kursi	Kayu balok meranti 6cm x 12cm x 4m	1	Rp 80,000.00
9		Papan kayu borneo super 2cmx20cmx4m	1	Rp 35,000.00
10		Busa	1	Rp 20,000.00
11	Wadah kompor	Besi kotak 25 mm x25 mm	1	Rp 46,000.00
12		Besi L 4 cm x 4 cm (1 kg)	0.5	Rp 8,500.00
13		Papan kayu borneo super 2cmx20cmx4m	1	Rp 35,000.00
14	Biaya Tenaga Kerja			Rp 150,000.00
			<b>TOTAL</b>	Rp 1,389,500.00

Penilaian alternatif desain perbaikan fasilitas kerja batik melibatkan beberapa perusahaan batik. Hal ini dilakukan untuk mempertajam analisa yang dilakukan dan mengurangi faktor subjektivitas. Hasil penilaian alternatif pengembangan desain perbaikan gawangan dan kursi akan dijelaskan pada tabel 7.

Tabel 7. Hasil Penilaian Alternatif 1

No	Kelebihan	Kekurangan
1	Sederhana	Bisa berkarat
2	Biaya pembuatan lebih murah daripada alternatif 2	Penjepit bagian atas akan merusak lilin yang sudah dibatik, penjepit bagian atas bisa dibuat lebih fleksibel.
3	Memudahkan pembatik menduplikasi motif	Engsel tatakan meja tidak seimbang sehingga mudah goyang, bisa dibuat menjadi <i>fix</i> .
4	Desain hampir mirip dengan gawangan saat ini, sehingga memudahkan kebiasaan pekerja untuk memakai alat yang baru.	Wadah kompor kurang fitur untuk menampung cacing dan lilin
5	Kain tidak mudah kotor karena tidak jatuh ke lantai	

Untuk alternatif 2 kelebihan dan kekurangannya adalah sebagai berikut :



**Tabel 8.** Hasil Penilaian Alternatif 2

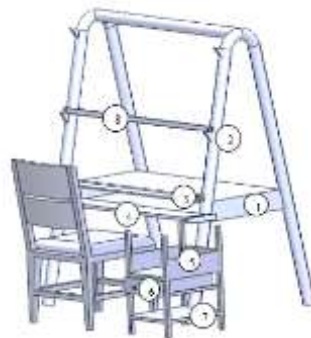
No	Kelebihan	Kekurangan
1	Kain tidak mudah kotor	Biaya pembuatan lebih mahal dari alternatif 1
2	Kokoh	Proses pembuatan rumit
3	Desain menarik	Menyulitkan pembatik menduplikasi motif
4	Terdapat tatakan meja yang tetap, sehingga lebih seimbang	Penjepit bagian atas akan merusak lilin yang sudah dibatik.
5		Rentan terhadap rayap
6		Wadah kompor kurang fitur untuk menampung cangting dan lilin

### 3.4 Tahap Pengembangan

Untuk menjawab permasalahan yang terkait antara kesesuaian antara pekerja dan fasilitas kerja maka dilakukan pembuatan gambar menggunakan *software SolidWorks Premium 2013*,:

**Tabel 9.** Data Persentil Antropometri Pekerja

No	Keterangan	Persentil(cm)	Tujuan Penerapan
1	Tinggi bahu duduk	56.83 (P50)	Untuk mengetahui tinggi maksimal sandaran kursi yang memberi dukungan pada daerah lumbar
2	Tinggi siku duduk	22.5 (P50)	Untuk menentukan tinggi meja, hendaknya tidak terlalu rendah karena akan mengakibatkan bertambahnya beban pada bahu
3	Lebar bahu	49.4 (P95)	Untuk menentukan lebar sandaran kursi.
4	Lebar pinggul	41.52 (P95)	Untuk menentukan lebar alas kursi.
5	Panjang popliteal	45.75 (P95)	Untuk menentukan panjang alas kursi.
6	Tinggi popliteal	39.33 (P95)	Untuk menentukan tinggi permukaan kursi
7	Panjang rentang tangan ke depan	62.19 (P5)	Untuk menentukan lebar alas meja
8	Panjang rentang tangan ke samping	142.26 (P5)	Untuk menentukan panjang meja.



**Gambar 3.** Alternatif Terpilih

**Tabel 10.** Keterangan Alternatif Terpilih

No	Keterangan	Fungsi
1	Laci pada gawangan	Menyimpan kain mori yang belum dibatik
2	Tatakan penjepit	Tempat untuk meletakkan penjepit <i>flexible</i>
3	Penjepit <i>fix</i>	Untuk menjepit kain bagian bawah



No	Keterangan	Fungsi
4	Tatakan tangan	Tempat meletakkan tangan apabila tidak melakukan aktivitas
5	Wadah kompor	Tempat meletakkan kompor
6	Laci pada wadah kompor	Tempat untuk meletakkan canting
7	Tatakan lilin/malam	Tempat untuk meletakkan lilin/malam
8	Penjepit <i>flexible</i>	Digunakan untuk menjepit kain, serta digunakan sebagai pemberat

Mekanisme kerja dari alternatif konsep terpilih adalah sebagai berikut :  
Kain mori yang akan dibatik diletakkan di laci (Gambar no.1). Kemudian pekerja mengambil lilin/malam yang terletak pada Gambar no.7 dan mulai memanaskan lilin pada kompor yang terletak pada Gambar no. 5. Ambil sebagian kain yang hendak dibatik, jepit kain pada penjepit *fix* (Gambar no.3) dan penjepit *flexible* (Gambar no.8). Setelah lilin mulai panas, pekerja mengambil canting yang diletakkan pada laci (Gambar no.6), kemudian pekerja mulai membatik dengan cara mengambil lilin yang sudah cair dari wajan, dan membatik pada area diantara penjepit *fix* dan penjepit *flexible*. Setelah kain sudah terbatik pada area tersebut, maka penjepit *flexible* dipindahkan ke tatakan penjepit yang lebih tinggi. Apabila sudah terbatik semua maka penjepit *flexible* ditarik ke sisi gawangan yang lain dan penjepit tersebut dijadikan sebagai pemberat.

### 3.5 Tahap Rekomendasi

Pada tahap rekomendasi, hasil rancangan produk diuji menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).



Gambar 4. Hasil Rekomendasi

Berdasarkan nilai final RULA *score* maka dapat diketahui bahwa :

Tabel 11. Hasil Penilaian RULA Alternatif Terpilih

No	Variabel	Hasil Pengamatan	Skor
1	Lengan Atas ( <i>Upper Arm</i> )	Terjadi fleksi dengan sudut 42.60°	2
2	Lengan Bawah ( <i>Lower Arm</i> )	Terjadi fleksi dengan sudut 111.55°	1
3	Pergelangan Tangan ( <i>Wrist</i> )	Terjadi fleksi dengan sudut 3.53°	2
4	Putaran pergelangan Tangan	Putaran pergelangan tangan dalam <i>mid-range</i>	1
<b>Skor Tabel A</b>			3
5	<i>Muscle Use</i>	Gerakan diulang 4x per menit	1
6	<i>Force/ Load</i>	Beban < 4.4 lbs	0
<b>Total Skor Tabel A</b>			3
7	Leher ( <i>Neck</i> )	Terjadi fleksi dengan sudut 47,34°	1
8	Batang Tubuh ( <i>Trunk</i> )	Terjadi fleksi dengan sudut 0°	1



No	Variabel	Hasil Pengamatan	Skor
9	Kaki ( <i>Legs</i> )	Bertumpu pada dua kaki	1
<b>Skor Tabel B</b>			1
10	<i>Muscle Use</i>	Gerakan diulang 4x per menit	1
11	<i>Force/ Load</i>	Beban < 4.4 lbs	0
<b>Total Skor Tabel B</b>			1
<b>Skor RULA Akhir</b>			3

Level risiko mengalami penurunan dari yang sebelumnya. Sehingga hasil rancangan ini layak untuk diteruskan.

#### 4. Kesimpulan

Dari pengamatan awal pada proses pencantingan batik tulis, pekerja bekerja dengan duduk di *dhingklik* / kursi pendek yang terbuat dari kayu, dan tanpa sandaran punggung. Pekerja duduk menghadap kain yang ditempatkan di hamparan bambu yang disebut gawangan. Oleh karena itu, dalam menggambar batik, posisi perajin batik duduk menghadap gawangan dengan sedikit menunduk dan sedikit membungkuk, tangan kanan memegang canting untuk meletakkan lilin pada kain, sementara tangan kiri memegang bagian bawah kain, posisi kaki menekuk di bawah pantat atau sering kali bertumpu satu sama lain. Dari pengamatan awal tersebut, maka dilakukan observasi awal menggunakan metode *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA).

Dari pengukuran dengan menggunakan metode RULA skor awal postur kerja tertinggi pada bagian pencantingan adalah 5, artinya diperlukan penelitian lebih jauh dan diperlukan perbaikan segera untuk memperbaiki kondisi tersebut. Setelah dilakukan perbaikan desain rancangan alat bantu berupa gawangan dan kursi, dapat dibuktikan dengan RULA, bahwa alat bantu ini dapat mengurangi level risiko postur kerja. Pada kondisi awal sebelum perancangan didapatkan *grand score* 5, atau *high risk* menjadi *grand score* 3 atau *low risk*.

#### Daftar Pustaka

- Agusti, N. 2012. Perancangan Ulang Ruang Dan Peralatan Kerja Dengan Pendekatan Ergonomi Bagi Pembatik Tulis Pada Pengrajin Batik Tulis X. Thesis. Jurusan Kesehatan dan Keselamatan Kerja Universitas Indonesia.
- Dewi, G.C. 2010. Kepuasan Karyawan Terhadap Aspek-Aspek Kepuasan Kerja Dan Pemenuhan Hak Dasar Di Perusahaan Batik Merak Manis Surakarta. Skripsi. Jurusan Ilmu Administrasi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Lisbijanto, H. 2013. Batik. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mandelbaum, J., Reed, D. I. 2006. Value Engineering Handbook.
- Moerniwati, E., D., A. 2013. Kasus di Perusahaan Batik Ismoyo Dukuh Butuh Desa Gedongan Kecamatan Plupuh Kabupaten Sragen. Jurnal FKIP, Vol 1, No 1, 2013. 1-11.
- Nurmianto, E. 2008. Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasinya. Surabaya: Gunawidya.
- Purnomo, H. 2013. Antropometri dan Aplikasinya. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Ulrich, K., T. & Eppinger, S., D. 2001. Perancangan dan Pengembangan Produk. Jakarta: Salemba Teknik.



## Faktor-Faktor Penentu Tingkat Partisipasi Masyarakat dan Perspektif Islam Tentang Pengelolaan Sampah Di Kota Pasir Pengaraian

**Muhammad Nur**

Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif kasim Riau  
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293  
Email: muhammad.nur@uin-suska.ac.id

### Intisari

Allah SWT menciptakan lingkungan sebagai bagian dari kehidupan manusia yang dapat dimanfaatkan dan dijaga kelestariannya. Permasalahan lingkungan hidup mulai lebih banyak mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan, baik akademisi pemerhati lingkungan, politisi maupun masyarakat umum. Diantaranya adalah permasalahan pengelolaan sampah yang dihasilkan akibat dari aktifitas manusia. Seiring dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan aktifitas masyarakat Kota Pasir Pengaraian, maka jenis sampah yang dihasilkan akan bervariasi baik dari segi kualitas maupun kuantitasnya. Pengelolaan sampah yang benar dapat menurunkan volume sampah dan menyelamatkan lingkungan dari pencemaran. Dengan adanya partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah, diharapkan akan memberikan dampak langsung kepada masyarakat melalui penurunan biaya pengelolaan sampah dalam bentuk restribusi sampah, serta berkurangnya sampah yang di angkut ke TPA. Rata-rata volume sampah di kota Pasir Pengaraian adalah 210,672 m<sup>3</sup>/hari. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui tingkat dan faktor-faktor apa yang mempengaruhi tingkat partisipasi, dan mengetahui perspektif islam tentang pengelolaan sampah. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode survey dan populasi penelitian ini adalah masyarakat yang menjadi pelanggan pelayanan persampahan di kota Pasir Pengaraian. Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh tingkat partisipasi masyarakat termasuk kategori tinggi yaitu sebesar 63,79%, faktor-faktor penentu partisipasi masyarakat adalah faktor peraturan dan bimbingan, dan perspektif islam tentang pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian belum sepenuhnya sesuai dengan perspektif Islam.

**Kata kunci:** Islam, partisipasi, sampah

### 1. Pendahuluan

Allah SWT menciptakan lingkungan sebagai bagian dari kehidupan manusia yang dapat dimanfaatkan dan dijaga kelestariannya. Lingkungan hidup manusia mencakup segala macam sumber daya alam yang ada di sekitar manusia. Lingkungan hidup merupakan kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup termasuk manusia dan perilakunya yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lainnya.

Pada era sekarang, permasalahan lingkungan hidup mulai lebih banyak mendapatkan perhatian dari berbagai kalangan, baik akademisi pemerhati lingkungan, politisi maupun masyarakat umum. Hal ini diakibatkan semakin memburuknya kondisi lingkungan dalam beberapa dekade terakhir. Diantaranya adalah permasalahan pengelolaan sampah yang dihasilkan akibat dari aktifitas manusia, baik dari aktifitas perindustrian, pertanian, maupun aktifitas rumah tangga.

Sampah menjadi suatu permasalahan yang krusial yang belum tertangani dengan baik dan berpotensi mengakibatkan menurunnya produktifitas yang pada akhirnya akan menghambat pembangunan ekonomi nasional. Sampah yang tidak ditangani dengan serius bisa dipastikan akan terus meningkat dari tahun ke tahun seiring dengan laju pertumbuhan dan perkembangan penduduk. Di samping itu, sampah juga berpotensi menurunkan kualitas sumber daya alam,



menyebabkan banjir dan konflik sosial, serta menimbulkan berbagai macam penyakit. Produksi sampah yang terus meningkat apabila dalam penanganannya menyimpang dari kontrol yang seharusnya diberikan akan mengakibatkan kerugian yang nyata dan langsung.

Undang-undang Nomor 18 tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah sudah diberlakukan. Setiap rumah tangga sebagai penghasil sampah tidak bisa lagi mengabaikan urusan sampahnya dengan alasan sudah membayar iuran kebersihan. Pengelolaan sampah tidak bisa diselesaikan hanya oleh pemerintah dengan mengumpulkan, mengangkut dan membuang sampah ke tempat pembuangan akhir (TPA) saja, tetapi harus dilakukan secara terencana dan terpadu agar memberikan manfaat secara ekonomi, sehat bagi masyarakat dan aman bagi lingkungan, serta dapat mengubah perilaku masyarakat.

Penanganan yang dilakukan terhadap sampah yang ada, biasanya adalah dengan penumpukan, pengumpulan, dan pengangkutan ke tempat pembuangan akhir (TPA). Permasalahan yang sering timbul antara lain adalah semakin terbatasnya lokasi tempat pembuangan akhir tersebut. Masalah sampah yang timbul di kota ataupun di desa disebabkan sulitnya pengumpulan, pengangkutan, pembuangan, pemanfaatan, dan pemusnahan akhir sampah, baik yang berasal dari kantor, rumah tangga, industri maupun sampah dari sumber lainnya. Penanganan sampah merupakan masalah yang kompleks, karena harus memperhitungkan sistem transportasi, penggunaan lahan, perkembangan masyarakat dan daerah serta kesehatan masyarakat.

Tidak adanya partisipasi masyarakat dalam upaya pemisahan sampah mulai dari sumber merupakan salah satu hal yang menyebabkan menurunnya ataupun hilangnya potensi daur ulang sampah. Dengan demikian, volume sampah yang masuk ke TPA tiap harinya menjadi besar. Pemisahan sampah biasanya dilakukan hanya oleh sektor informal seperti pemulung, tukang loak, lapak serta bandar. Mereka mengumpulkan sampah yang dianggap masih memiliki potensi daur ulang. Kegiatan ini hanya dapat mereduksi sampah dalam jumlah yang kurang signifikan karena kurangnya perhatian pihak pengelola kota.

Salah satu permasalahan sampah yang cukup rumit adalah permasalahan sampah masyarakat, sebab selain jumlahnya yang relatif banyak, sampah masyarakat juga mempunyai problematik tersendiri. Hal ini terjadi karena tingkat partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah masih rendah hal ini terlihat dari belum tertanganinya sampah masyarakat secara optimal. Oleh karena itu perlu dilakukannya pendekatan yang lebih baik agar dapat meningkatkan partisipasi masyarakat, sehingga dengan kesadaran sendiri masyarakat dapat menjaga kebersihan lingkungannya. Karena itu, pengelolaan sampah sangat tergantung pada kerjasama dan kesadaran setiap masyarakat, swasta, dan pihak pemerintah untuk berpartisipasi dalam mengumpulkan, membawa dan menimbun sampah dengan koordinasi dan pengaturan tempat pembuangan sampah yang baik.

Termasuk bukti kesempurnaan ajaran islam, islam mempunyai pandangan sendiri dalam upaya pengelolaan sampah. Kalau ada yang bertanya, apakah dalil dari al-Qur'an dan Hadits yang memerintahkan umat islam untuk mengelola sampah?, maka kita memang tidak menemukan ada ayat atau hadits yang secara jelas dan gamblang memerintahkan hal tersebut. Akan tetapi kalau kita berkaca dari beragam ayat dan riwayat, termasuk hadits yang akan kami sebutkan berikut ini, sesungguhnya islam mengajarkan pemeluknya agar mengelola sampah karena mayoritas sampah bisa dikelola.

Islam adalah agama yang sangat keras melarang perbuatan tabdzir. Tabdzir adalah menghambur-hamburkan harta atau menyia-nyiakan sesuatu yang bisa dimanfaatkan, dan ini dibenci oleh Allah *Ta'ala*, sampai-sampai orang yang melakukan perbuatan tabdzir disebut sebagai saudaranya setan, Allah *Ta'ala* berfirman:





إِنَّ الْمُبَذِّرِينَ كَانُوا إِخْوَانَ الشَّيْطَانِ وَكَانَ الشَّيْطَانُ لِرَبِّهِ  
كَفُورًا ﴿٢٧﴾

“Janganlah kalian berbuat tabdzir, karena orang-orang yang mubadzir adalah saudaranya setan, dan setan itu sangat ingkar kepada Tuhannya” (QS. Al-Isra’: 27)

Peningkatan volume ini terlihat dari studi pendahuluan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Tanjung Belit kota Pasir Pengaraian, terlihat banyak sampah yang menumpuk dilokasi tempat pembuangan tersebut. Rata – rata volume sampah mencapai 25 kubik perharinya. Sampah-sampah ini terdiri dari sampah plastik, kertas yang mudah terbakar, dan jenis sampah lainnya. Sampah ini dimusnahkan dengan cara dibakar dan persoalan sampah ini meresahkan masyarakat sekitar. Dengan jumlah yang tergolong besar tersebut, maka perlu adanya penanganan yang khusus. Bila tidak cepat ditangani secara benar maka akan berdampak negatif terhadap lingkungan sekitarnya dan bisa menyebabkan pencemaran lingkungan. Dan juga menimbulkan masalah keindahan kota, padahal Visi Rokan Hulu sebagai kota Bersih, Semarak, Rukun dan Indah (Berseri) disamping target terbaik 2016.

Apabila pengelolaan sampah tidak dikelola dengan baik, selain akan menimbulkan masalah lingkungan, kesehatan, dan juga menimbulkan masalah terhadap keindahan kota. Berdasarkan permasalahan tersebut di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul “Faktor-Faktor Penentu Tingkat Partisipasi Masyarakat Dan Perspektif Islam Tentang Pengelolaan Sampah Di Kota Pasir Pengaraian.”

## 2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan di kota Pasir Pengaraian kabupaten Rokan Hulu provinsi Riau. Metode yang dilakukan dalam penelitian ini adalah metode survei. Metode survei yaitu suatu metode penelitian yang mengambil sampel dari suatu populasi dan menggunakan kuesioner sebagai alat pengumpulan data. Dalam penelitian ini data dan informasi dikumpulkan dari responden (masyarakat) dengan menggunakan kuesioner.

Populasi dalam penelitian ini adalah masyarakat yang menjadi pelanggan pelayanan persampahan di kota Pasir Pengaraian. Adapun jumlah populasinya sebanyak 1.200 orang. Pengambilan sampel dilakukan dengan persentase kelonggaran kesalahan 10%, maka diperoleh sampel sebanyak 93 orang yang dihitung dengan menggunakan rumus Slovin. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah secara random atau acak.

Variabel penelitian dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Faktor internal yang mempengaruhi tingkat partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah.
2. Faktor eksternal yang mempengaruhi tingkat partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah.
3. Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah

Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah mencakup, (1) Kebiasaan mengumpulkan sampah, (2) Menegur orang membuang sampah sembarangan, (3) Memberikan ide untuk kegiatan kebersihan, (4) Menghadiri pertemuan membicarakan masalah kebersihan, (5) Membayar retribusi sampah, (6) Membuang sampah pada tempatnya, (7) Menjaga kondisi kebersihan sampah di tempat tinggal, (8) Menyediakan tempat sampah sementara sendiri, (9) Kerjasama antar masyarakat dalam menjaga kebersihan, dan (10) Melakukan evaluasi bersama terhadap kebersihan di lingkungan sekitar mereka.

Alternatif jawaban responden tentang partisipasi dalam pengelolaan sampah dapat dilihat pada Tabel 1.



Tabel 1. Tanggapan responden tentang partisipasi dalam pengelolaan sampah

Pertanyaan	Alternatif Jawaban							
	Sangat Sering		Sering		Jarang		Tidak Pernah	
	Frek	%	Frek	%	Frek	%	Frek	%
1. Kebiasaan mengumpulkan sampah	11	11,8	41	44,1	31	33,3	10	10,8
2. Menegur orang membuang sampah sembarangan	15	16,1	34	36,6	36	38,7	8	8,6
3. Memberikan usul untuk kegiatan kebersihan	2	2,1	17	18,3	54	58,1	20	21,5
4. Menghadiri pertemuan masalah kebersihan	4	4,3	8	8,6	46	49,5	35	37,6
5. Membayar retribusi sampah	17	18,3	26	28,0	19	20,4	31	33,3
6. Membuang sampah ditempat yang disediakan	27	29,0	38	40,9	13	14,0	15	16,1
7. Memperhatikan kondisi lingkungan	30	32,3	7	7,5	54	58,1	2	2,1
8. Meyediakan tempat sampah sendiri	42	45,2	43	46,2	6	6,5	2	2,1
9. Kerjasama antar masyarakat dalam menjaga kebersihan	12	13,0	51	54,8	27	29,0	3	3,2
10. Evaluasi terhadap program kebersihan	6	6,4	20	21,5	33	35,5	34	36,6

### 3.2 Tingkat Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah

Data yang diperoleh dari penyebaran kuisisioner kepada responden, dimana disetiap pertanyaan disediakan 4 (empat) alternatif jawaban dengan skor masing-masing adalah 1, 2, 3, dan 4. Skor 1 adalah skor terendah, sedangkan skor 4 adalah skor tertinggi. Dari jawaban responden yang berjumlah 93 orang, maka diperoleh total skor tingkat partisipasi masyarakat seperti pada Tabel 2.

Tabel 2. Total skor tingkat partisipasi masyarakat

No.	Pertanyaan	Skor	%	Kriteria Interpretasi
1	Kebiasaan mengumpulkan sampah	241	64,78	Tinggi
2	Menegur orang membuang sampah sembarangan	242	65,05	Tinggi
3	Memberikan usul untuk kegiatan kebersihan	193	51,88	Sedang
4	Menghadiri pertemuan masalah kebersihan	171	45,97	Sedang
5	Membayar retribusi sampah	212	56,99	Sedang
6	Membuang sampah ditempat yang disediakan	263	70,70	Tinggi
7	Memperhatikan kondisi lingkungan	298	80,11	Sangat Tinggi
8	Meyediakan tempat sampah sendiri	311	83,60	Sangat Tinggi
9	Kerjasama antar masyarakat dalam menjaga kebersihan	258	69,35	Tinggi
10	Evaluasi terhadap program kebersihan	184	49,46	Sedang
Jumlah		<b>2.373</b>	<b>63,79</b>	<b>Tinggi</b>

Dari Tabel 2 terlihat bahwa tingkat partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah sangat bervariasi yaitu mulai dari kategori sedang, tinggi, dan sangat tinggi. Dari partisipasi masyarakat



dalam pengelolaan sampah tersebut maka dapat disimpulkan bahwa tingkat partisipasi masyarakat secara keseluruhan adalah tinggi.

### 3.3 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Tingkat Partisipasi Masyarakat Dalam Pengelolaan Sampah

Untuk mengetahui faktor-faktor yang mempengaruhi tingkat partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian menggunakan analisis regresi linier berganda dengan menggunakan program SPSS, maka hasilnya seperti pada Tabel 3.

Tabel 3. Hubungan faktor-faktor internal dan eksternal terhadap tingkat partisipasi masyarakat

Variabel	Indikator	Koefisien Korelasi	Tingkat Hubungan	Kesimpulan
<b>Faktor Internal</b>	Pendidikan ( $X_1$ )	-0,112	Sangat rendah	Non-sign
	Kepedulian terhadap sampah ( $X_2$ )	0,167	Sangat rendah	Non-sign
	Pengetahuan tentang sampah ( $X_3$ )	-0,051	Sangat rendah	Non-sign
<b>Faktor Eksternal</b>	Peraturan ( $X_4$ )	0,450	Cukup kuat	Signifikan
	Bimbingan dan penyuluhan ( $X_5$ )	0,460	Cukup kuat	Signifikan
	Kondisi lingkungan ( $X_6$ )	0,319	Rendah	Non-sign
	Fasilitas ( $X_7$ )	0,212	Rendah	Non-sign

Hubungan faktor-faktor internal dan eksternal terhadap tingkat partisipasi masyarakat dapat diketahui bahwa dari 7 (tujuh) faktor tersebut, yang dinyatakan signifikan sebanyak 2 (dua) faktor yaitu dari peraturan ( $X_4$ ) dan bimbingan / penyuluhan ( $X_5$ ). Sedangkan yang dinyatakan tidak signifikan ada 5 (lima) faktor yaitu pendidikan ( $X_1$ ), kepedulian terhadap sampah ( $X_2$ ), pengetahuan tentang sampah ( $X_3$ ), kondisi lingkungan ( $X_6$ ), dan fasilitas ( $X_7$ ).

Sedangkan hubungan faktor internal dan faktor eksternal terhadap tingkat partisipasi masyarakat secara bersama-sama (simultan) dan parsial dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. hubungan faktor internal dan faktor eksternal terhadap tingkat partisipasi masyarakat secara bersama-sama (simultan) dan parsial

Variabel	Koefisien Korelasi (R)	R <sup>2</sup>	Tingkat Hubungan	Kesimpulan
Faktor Internal	0,013	0,0002	Sangat rendah	Non-sign
Faktor Eksternal	0,546	0,2981	Cukup kuat	Signifikan
Faktor-Faktor Internal dan Eksternal	0,547	0,2992	Cukup kuat	Signifikan

Pengaruh faktor-faktor internal dan faktor-faktor eksternal secara bersama-sama terhadap tingkat partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian adalah sebesar 0,547, hal ini menunjukkan pengaruh yang cukup kuat. Sedangkan kontribusi secara simultan faktor internal dan faktor eksternal terhadap tingkat partisipasi masyarakat sebesar 0,2992, artinya 29,92% faktor internal dan faktor eksternal mampu mempengaruhi partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah dan 70,08% dipengaruhi oleh variabel lain yang tidak diteliti dalam penelitian ini.



### 3.4 Perspektif Islam Dalam Pengelolaan Sampah Di Kota Pasir Pengaraian

Mengetahui perspektif islam tentang pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian dan usulan perbaikan pengelolaan sampah, dari data yang diperoleh dan dianalisis berpedoman pada Al-Qur'an, Hadist, dan UU tentang pengelolaan sampah.

Pandangan hidup Islam terhadap lingkungan didasarkan pada keyakinan mutlak (*aqidah*) bahwa manusia, kehidupan dan alam semesta diciptakan oleh Pencipta, Allah SWT. Bahwasanya Islam adalah risalah yang telah diturunkan Allah SWT kepada umat manusia untuk membawa manusia dari kegelapan menuju cahaya. Dan ketika manusia menerima *aqidah* ini dengan proses berpikir yang rasional, ia akan merasakan ketenangan, maka ia akan menjadikan keyakinannya sebagai asas pemikiran dan tolok ukur perbuatannya.

Sistem yang diberikan Islam dalam menyelesaikan persoalan lingkungan mempunyai pendekatan yang berbeda dengan sistem sekuler. Islam adalah agama fitrah yang mengadakan pendekatan hukum berdasarkan fitrah pula. Bagi Islam segala perbuatan baik dan buruk didunia akan mendapatkan ganjaran setimpal, oleh karena itu kebaikan seorang muslim di dunia, merupakan cermin kebaikan akan hidupnya kelak di akhirat, sebab islam memandang bahwa semua aspek hidup dan apa saja yang dilakukan manusia (muslim) semata – mata sebagai sarana beribadah kepada sang Khaliknya.

Islam sendiri mengajarkan kepada umatnya agar dalam mengelola lingkungan hidup haruslah memperhatikan aspek yang berupa pendayagunaan dan peningkatan kualitas hidup, ini adalah tugas yang dibebankan kepada manusia sebab Allah SWT menciptakan manusia dan tanah dan menjadikan manusia penjaganya.

Pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian belum sepenuhnya sesuai dengan perspektif Islam, karena pengelolaan sampahnya belum memasukkan unsur pengelolaan yang ramah lingkungan disekitarnya. Dalam pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian belum terperinci dengan baik ini terlihat belum dibedakannya antara sampah organik dan anorganik. Pengurangan sampah dan penanganan sampah masih banyak dilakukan oleh pemulung dibandingkan dengan dinas kebersihan. Pengurangan sampah lebih banyak dilakukan oleh pemulung, pengurangan ini meliputi kegiatan pembatasan timbulan sampah, pendauran ulang sampah, dan pemanfaatan sampah. Sedangkan penanganan sampah lebih banyak dilakukan oleh dinas kebersihan, penanganan ini meliputi kegiatan pemilahan dalam bentuk pengelompokkan dan pemisahan sampah sesuai dengan jenis sampah, pengumpulan dalam bentuk pengambilan dan pemindahan sampah dari sumber sampah ke tempat penampungan sementara atau tempat pengolahan sampah, pengangkutan dalam bentuk membawa sampah dari sumber dan dari tempat penampungan sampah sementara atau dari tempat pengolahan sampah menuju tempat pembuangan akhir, dan pemrosesan akhir sampah dalam bentuk *open dumping*.

Pengelolaan sampah yang dilakukan sebaiknya berdasarkan asas tanggung jawab, asas berkelanjutan, asas manfaat, asas keadilan, asas kesadaran, asas kebersamaan, asas keselamatan, asas keamanan, dan asas nilai ekonomi. Pengelolaan sampah bertujuan untuk meningkatkan kesehatan masyarakat dan kualitas lingkungan serta menjadikan sampah sebagai sumber daya. Sehingga dalam pengelolaannya asas – asas dan tujuan tersebut harus digunakan tanpa terkecuali agar tercipta pengelolaan yang tidak merusak lingkungan ataupun mencemari lingkungan yang ada.

Dalam penyelenggaraan pengelolaan sampah dibutuhkan peran pemerintah dengan melakukan kegiatan sebagai berikut :

- a. Menetapkan target pengurangan sampah secara bertahap dalam jangka waktu tertentu,
- b. Memfasilitasi penerapan teknologi yang ramah lingkungan,
- c. Memfasilitasi penerapan label produk yang ramah lingkungan,
- d. Memfasilitasi kegiatan mengguna ulang dan mendaur ulang, dan
- e. Memfasilitasi pemasaran produk – produk daur ulang.



Metode yang digunakan dalam pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian masih secara *open dumping*. Hal ini terlihat ditempat pembuangan akhir sampah di TPA desa Tanjung Belit. *Open dumping*, yaitu suatu cara pembuangan sampah dengan cara membuang begitu saja di atas tanah lapang.

Selain itu pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian masih menggunakan teknik manual, yaitu sampah yang sudah ditumpuk kemudian didatarkan dengan menggunakan alat berat berupa bulldozer dan di bakar, kadang ditimbun, begitu seterusnya. Kalau hal ini dibiarkan terus menerus akan berdampak pada lingkungan sekitar terutama akan mencemari lingkungan.

Termasuk bukti kesempurnaan ajaran islam, islam mempunyai pandangan sendiri dalam upaya penanggulangan sampah. Kalau ada yang bertanya, apakah dalil dari al-Qur'an dan Hadits yang memerintahkan umat islam untuk mengelola sampah?, maka kita memang tidak menemukan ada ayat atau hadits yang secara jelas dan gamblang memerintahkan hal tersebut. Akan tetapi kalau kita berkaca dari beragam ayat dan riwayat, termasuk hadits yang akan kami sebutkan berikut ini, sesungguhnya islam mengajarkan pemeluknya agar mengelola sampah karena mayoritas sampah bisa dikelola.

Dalam sebuah hadits shahih yang diriwayatkan dari Jabir bin Abdillah *radhiyallahu 'anhu*, Rasulullah *Shallallahu 'alaihi wa sallam* bersabda, "Jika makanan salah satu kalian jatuh maka hendaklah diambil dan disingkirkan kotoran yang melekat padanya, kemudian hendaknya di makan dan jangan di biarkan untuk setan" Dalam riwayat yang lain di nyatakan, "Sesungguhnya setan bersama kalian dalam segala keadaan, sampai-sampai setan bersama kalian pada saat makan. Oleh karena itu, jika makanan kalian jatuh ke lantai maka kotorannya hendaklah di bersihkan kemudian di makan dan jangan di biarkan untuk setan. Jika sudah selesai makan maka hendaknya jari-jemari di jilati karena tidak di ketahui di bagian manakah makanan tersebut terdapat berkah."

Berdasarkan pandangan Islam tersebut maka sebaiknya pengelolaan sampah yang ada di kota Pasir Pengaraian melalui program 3R yaitu, *Reduce* (mengurangi sampah), *Reuse* (memanfaatkan kembali), *Recycle* (mendaur ulang). Dan metode pengelolaan yang digunakan selama ini yaitu metode *open dumping* sebaiknya ditinggalkan karena dapat merusak lingkungan.

Ketika mayoritas sampah bisa kita kelola menjadi sesuatu yang produktif dan memberikan kemaslahatan bagi mahluk Allah *Ta'ala*, maka orang yang tidak terlibat dengan pengelolaan sampah dengan baik –atas dasar kesanggupannya- menurut terminologi tabdzir tadi dia akan jatuh dalam perilaku saudaranya setan. Karena pengelolaan sampah memberikan maslahat besar bagi kita sendiri, anak cucu kita dan alam sekitar kita, tentu ini menjadi aktifitas yang bernilai ibadah disisi Allah *Ta'ala*, dan karenanya kita diperintahkan Allah *Ta'ala* untuk ikut andil dalam segala aktifitas yang memberikan kemaslahatan, termasuk pengelolaan sampah.

Selain itu sebaiknya pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian menerapkan konsep *zero waste*. Konsep *zero waste* merupakan konsep pengelolaan sampah secara terpadu yang meliputi proses pengurangan volume timbulan sampah.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Tingkat partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian berdasarkan kriteria interpretasi skor secara keseluruhan tingkat partisipasi masyarakat termasuk kategori tinggi yaitu sebesar 63,79%.
2. Faktor-faktor apa yang mempengaruhi tingkat partisipasi masyarakat dalam pelaksanaan pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian adalah peraturan ( $X_4$ ) dan bimbingan / penyuluhan ( $X_5$ ).
3. Perspektif islam tentang pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian adalah belum sepenuhnya sesuai dengan perspektif Islam, karena pengelolaan sampah belum



memasukkan unsur pengelolaan yang ramah lingkungan dan bisa merusak lingkungan yang ada disekitarnya. Berdasarkan perspektif / pandangan Islam maka sebaiknya pengelolaan sampah di kota Pasir Pengaraian melalui program 3R yaitu, *Reduce* (mengurangi sampah), *Reuse* (memanfaatkan kembali), *Recycle* (mendaur ulang). Dan menerapkan konsep *Zero Waste* untuk mengurangi timbunan sampah yang ada. Penerapan kedua konsep tersebut sangat membantu dalam mengurangi volume sampah yang ada, metode pengelolaan yang digunakan selama ini yaitu metode *open dumping* sebaiknya ditinggalkan karena dapat merusak lingkungan.

#### 4.2 Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan dari penelitian yang telah dilakukan, maka saran yang diberikan adalah sebagai berikut :

- 1 Setiap rumah tangga diupayakan melakukan pemilahan sampah bernilai ekonomis sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku berbagai produk daur ulang selain dapat memberikan tambahan pendapatan keluarga.
- 2 Pemerintah daerah memberikan fasilitas pengelolaan sampah melalui bantuan penyediaan tempat sampah terpilah di setiap kelurahan sehingga sampah telah terpilah sebelum diangkut ke TPA.
- 3 Perlu sosialisasi yang lebih efektif program pemerintah berkaitan dengan pengelolaan sampah meliputi: kampanye massal 3R (*Reduce, Reuse, Recycle*) melalui penyebaran poster, iklan media cetak dan elektronik, dan *visit school*.
- 4 Pemerintah daerah membuat program pelatihan pengelolaan sampah organik dan anorganik bernilai ekonomis (kompos, produk kerajinan tangan) untuk tingkat rumah tangga sehingga partisipasi masyarakat dalam pengelolaan sampah lebih meningkat.

#### Daftar Pustaka

- Akhadi, M., 2001, *Mempercepat Laju Degradasi Sampah*, Yayasan Cahaya Reformasi Swasta, Jakarta.
- Bahar, Y., 1986, *Teknologi Penanganan dan Pemanfaatan Sampah*, Wacana Utama Pramesti, Jakarta.
- Hadist Riwayat al-Bukhari dan Muslim
- Hary, A. W., 2000, *Memproses Sampah*, Penebar Swadaya, Jakarta.
- Hasan, M. Iqbal. 1999, *Pokok – pokok Materi Statistik 2*, Bumi Aksara, Jakarta.
- Irawati, MH., 1998, Pengelolaan Sampah RT Melalui Pembudayaan 6M. *Jurnal Pendidikan Humaniora dan Sains*, Pascasarjana IKIP, Malang.
- Ismawan, 1999, *Resiko Ekologis Dibalik Pertumbuhan Ekonomi*, Media Pressindo, Yogyakarta.
- Juli, S. S., 1996, *Kesehatan Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Mirwan, M., 2008, Optimasi Pengelolaan Sampah Di Kampus Veteran Jawa Timur. *Jurnal Rekayasa Perencanaan*, Vol. 4.
- Santoso, S., Fandy T., 2004, *Riset Pemasaran: Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*, Cetakan Ketiga, Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Washito, M., 2011, Pandangan Syariah Dalam Pengelolaan Sampah. *Majalah Pengusaha Muslim Edisi 7* Vol. 1.
- Widyatmoko dan Sintorini Moerdjoko, 2002, *Menghindari, Mengolah dan Menyingkirkan Sampah*, Abadi Tandur, Jakarta.
- www. quran.com [online]



## **Analisis Kepuasan Masyarakat Terhadap Pelayanan Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru Dengan Pendekatan *Importance Performance Analysis* (IPA) dan *Potential Gain in Customer Value* (PGCV)**

**Dewi Diniaty**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sultan Syarif Kasim Riau  
Jl. HR. Soebrantas No. 155 Simpang Baru, Panam, Pekanbaru, 28293  
E-mail: dewidiniaty@uin-suska.ac.id

### **Intisari**

*Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru merupakan salah satu instansi pemerintah yang memberikan pelayanan kepada masyarakat. Namun pada aktivitas pelayanan yang diberikan tersebut masih terdapat keluhan dari masyarakat sebagai pengguna jasa. Beberapa keluhan yang dirasakan oleh masyarakat yaitu lambannya pegawai dalam melayani pengurusan surat keterangan, berbelitnya birokrasi dan prosedur, kurang ramahnya pegawai dalam pelayanan serta sering tidak ditempatnya pegawai pada saat jam kerja. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara kepentingan (*Importance*) dan kepuasan (*Satisfaction*) masyarakat terhadap kinerja (*Performance*) pelayanan Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru dan mengetahui atribut yang menjadi prioritas perbaikan dengan pendekatan *Importance Performance Analysis* (IPA) dan *Potential Gain in Customer Value* (PGCV). *Importance Performance Analysis* digunakan untuk mengetahui hubungan tingkat kepentingan dan penilaian kinerja terhadap kualitas pelayanan yang diberikan. Sehingga dengan mengetahui hubungan tersebut maka dapat ditentukan atribut-atribut apa saja yang harus ditingkatkan, dipertahankan, diperbaiki dan yang harus dihilangkan atau dievaluasi. Metode PGCV digunakan untuk menentukan urutan atribut yang paling prioritas yang harus diperbaiki pada kuadran A dari diagram IPA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja kantor Camat Bukitraya Pekanbaru berdasarkan tingkat kepuasan masyarakat masih perlu ditingkatkan lagi karena masih terdapat perbedaan antara harapan masyarakat dengan kinerja petugas kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Atribut-atribut yang menjadi prioritas perbaikan yang paling pertama yaitu Kemudahan dalam pengurusan surat pengantar pembuatan KTP dan KK, Kemudahan mengikuti prosedur dan mekanisme pelayanan, Kebenaran informasi petugas dalam memberikan pelayanan, Kerapian berpakaian petugas, Sikap peduli petugas menerima keluhan maupun pengaduan terhadap kebutuhan informasi dan data, Kebersihan kantor pelayanan, Komunikasi petugas dengan masyarakat jelas dan informatif.*

*Kata Kunci: Kepuasan Masyarakat, Pelayanan, Importance Performance Analysis, Potential Gain In Customer Value,*

### **1. Pendahuluan**

Pelayanan terhadap masyarakat merupakan salah satu tugas yang harus dilaksanakan oleh pemerintah, baik itu pemerintah pusat maupun pemerintah daerah. Pemerintah sebagai pelayan masyarakat harus dapat memberikan layanan dari semua kebutuhan masyarakat dalam segala hal seperti perijinan, kependudukan (Kartu Tanda Penduduk, Kartu Keluarga, Akte Kelahiran) dan lain sebagainya. Pemerintah dalam melaksanakan tugas-tugasnya dilakukan melalui lembaga-lembaga pemerintah yang terdiri dari pemerintah pusat, pemerintah daerah (Propinsi dan Kabupaten/Kota). Untuk memudahkan pelayanan dan pengaturan, struktur organisasi pemerintah daerah Kabupaten/Kota dibentuk pemerintah kecamatan yang membawahi organisasi kelurahan dan khusus daerah kabupaten dibentuk pemerintahan desa yang berada pada hirarki langsung



dengan pihak kabupaten. Pelayanan kepada masyarakat pada pemerintahan daerah dilakukan melalui jenjang-jenjang birokrasi yang sistematis. Berawal dari organisasi kelurahan, pemerintah kecamatan, pemerintah kabupaten/kota serta di bantu oleh beberapa lembaga teknis daerah dan dinas-dinas daerah.

Kecamatan Bukitraya merupakan salah satu kecamatan yang ada di Kota Pekanbaru. Kecamatan Bukitraya sebagai salah satu perangkat daerah, mempunyai tugas dalam menangani sebagian urusan otonomi daerah, menyelenggarakan tugas umum pemerintahan serta melaksanakan kewenangan pemerintahan yang dilimpahkan oleh Walikota. Tugas-tugas yang diemban tersebut harus dapat dipertanggungjawabkan secara struktural kepada Walikota dan secara moril kepada masyarakat. Pada aktivitas pelayanan yang diberikan tersebut masih terdapat banyak keluhan dari masyarakat sebagai pengguna jasa.

Berdasarkan hasil wawancara yang dilakukan, beberapa keluhan yang dirasakan oleh masyarakat yang mendapatkan pelayanan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru yaitu seperti lambannya karyawan atau pegawai dalam melayani pengurusan surat menyurat akibat berbelitnya birokrasi dan prosedur seperti dalam pembuatan surat pengantar pembuatan KTP dan KK, surat keterangan ganti rugi tanah, surat keterangan tidak mampu. Selain itu, kurang ramahnya pegawai dalam memberikan pelayanan kepada masyarakat serta sering tidak ditempatnya pegawai pada saat jam kerja sehingga menyebabkan masyarakat harus bolak-balik dan menunggu sampai pegawai berada di tempat pelayanan. Sehingga banyak masyarakat yang merasa kurang puas dengan pelayanan yang diberikan oleh Kantor Camat Bukitraya tersebut. Berdasarkan keluhan dan permasalahan yang terjadi pada bagian pelayanan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru, maka penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat kesesuaian antara kepentingan (*Importance*) dan kepuasan (*Satisfaction*) masyarakat terhadap kinerja (*Performance*) pelayanan Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru dan mengetahui atribut yang menjadi prioritas perbaikan dengan pendekatan *Importance Performance Analysis* (IPA) dan *Potential Gain in Customer Value* (PGCV) agar pihak Kecamatan dapat memperbaiki kualitas pelayanan sesuai dengan harapan masyarakat.

## 2. Metodologi Penelitian

Langkah awal yang harus dilakukan sebelum melakukan penelitian adalah melakukan studi pendahuluan. Studi pendahuluan dilakukan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Langkah ini dilakukan untuk mengetahui permasalahan yang ada di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru, terutama pada bagian pelayanan. Sehingga diperoleh rumusan masalah penelitian yaitu “Bagaimana tingkat kepuasan masyarakat terhadap pelayanan Kantor Camat Bukitraya Kota Pekanbaru?”.

Langkah selanjutnya yang dilakukan adalah tahap pengumpulan data, dengan melakukan pembuatan dan penyebaran kuesioner yang kemudian akan diuji tingkat validitas dan reliabilitasnya. Kemudian kuesioner yang telah valid dan reliabel disebarkan kepada masyarakat yang mendapatkan pelayanan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Kuesioner ini merupakan data primer yaitu data atau informasi yang diperoleh secara langsung dari masyarakat yang mendapatkan pelayanan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Data yang dihimpun berbentuk tanggapan dan persepsi masyarakat mengenai pelayanan yang diberikan oleh Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Jumlah populasi pada penelitian ini berjumlah 93.868 orang diambil berdasarkan jumlah penduduk atau masyarakat yang ada di Kecamatan Bukitraya Pekanbaru. Penentuan jumlah sampel menggunakan rumus Slovin, dengan persen kelonggaran ketidaktelitian ( $e$ ) sebesar 10% dan jumlah populasi ( $N$ ) sebesar 93.868 sehingga didapat ukuran sampelnya yaitu sebesar 100 sampel. Teknik pengambilan sampel dalam penelitian ini adalah teknik *sampling* kebetulan (*accidental*) karena pengambilan sampel dilakukan terhadap masyarakat yang kebetulan ada atau dijumpai di Kantor Camat Bukitraya dan telah mendapatkan pelayanan dari Kantor Camat Bukitraya. Selain data primer, penelitian ini juga menggunakan data





sekunder, dimana data sekunder diperoleh berdasarkan studi literatur dan data-data yang sudah ada serta sudah tersedia di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru.

Pengolahan data dilakukan pada hasil penyebaran kuesioner kepada masyarakat yang menerima pelayanan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru dengan pendekatan *Service Quality (SERVQUAL) & Importance Performance Analysis (IPA)* dan *Potential Gain In Customer Values (PGCV)*. Salah satu pendekatan kualitas pelayanan yang populer dijadikan acuan dalam riset pemasaran adalah model *SERVQUAL (Service Quality)* yang dikembangkan oleh Parasuraman, Zeithaml, dan Berry (1985). *SERVQUAL* dibangun atas adanya perbandingan dua faktor utama, yaitu persepsi pelanggan atas layanan nyata yang mereka terima (*Perceived Service*) dengan layanan yang sesungguhnya yang diharapkan/diinginkan (*Expected Service*). Jika kenyataan lebih dari yang diharapkan, maka layanan dapat dikatakan bermutu, sedangkan jika kenyataan kurang dari yang diharapkan, maka layanan dikatakan tidak bermutu. Apabila kenyataan sama dengan harapan maka layanan tersebut memuaskan. Metode *Importance* dan *Performance Analysis* sebenarnya berasal dari konsep *SERVQUAL*. Analisis *Importance Performance Analysis* digunakan untuk mengetahui hubungan tingkat kepentingan dan penilaian kinerja terhadap kualitas pelayanan yang diberikan. Sehingga dengan mengetahui hubungan tersebut maka dapat ditentukan atribut-atribut apa saja yang harus ditingkatkan, dipertahankan, diperbaiki dan yang harus dihilangkan atau dievaluasi. Sehingga hal tersebut merupakan dasar untuk perbaikan pelayanan yang diberikan oleh Kantor Camat Bukitraya kepada masyarakat.

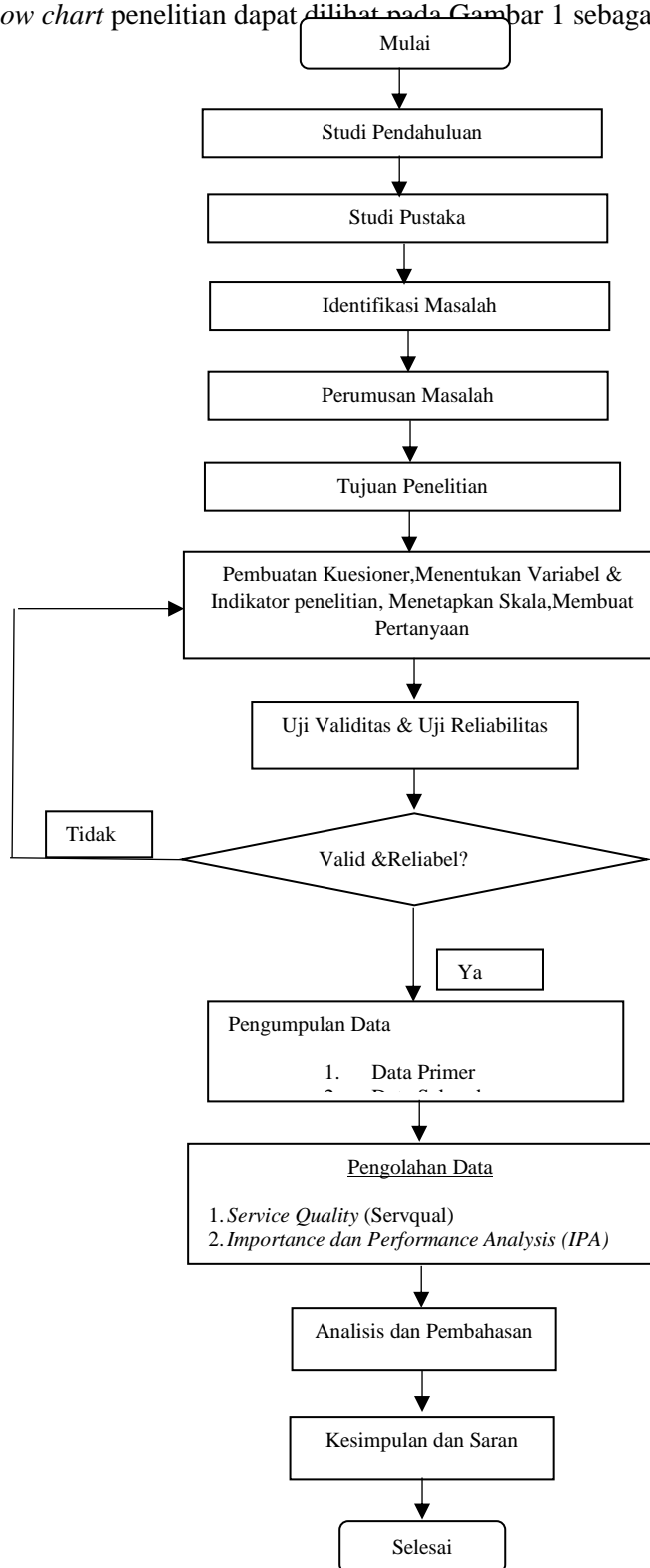
Pendekatan *IPA* ini akan menghasilkan diagram dimana pada diagram tersebut terdapat empat kuadran yaitu: Kuadran A (*attribut to improve*), wilayah yang memuat faktor-faktor yang dianggap penting oleh pelanggan tetapi pada kenyataannya faktor-faktor ini belum sesuai yang diharapkan. Kuadran B (*Maintain Performance*), wilayah yang memuat faktor-faktor yang dianggap penting oleh pelanggan dan sudah sesuai dengan yang dirasakannya. Kuadran C (*Attributes to maintain*), wilayah yang memuat faktor-faktor yang dianggap kurang penting oleh pelanggan dan pada kenyataannya kinerjanya tidak istimewa. Kuadran D (*main priority*), wilayah yang memuat faktor-faktor yang dianggap kurang penting oleh pelanggan dan dirasakan berlebihan. Selanjutnya, setiap atribut ditempatkan pada empat kuadran diagram tersebut sesuai dengan rata-rata harapan/kepentingan dan kepuasan atas kinerja Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Sehingga dapat diketahui atribut mana yang berada di tiap kuadran. Untuk melengkapi hasil analisa dari *Importance & Performance*, digunakan sebuah metode untuk menentukan prioritas perbaikan yang harus dilakukan oleh pihak Kecamatan Bukitraya Kota Pekanbaru. *PGCV* memberikan jalan bagi diagram *Importance* dan *Performance* untuk dapat dibandingkan dalam bentuk yang lebih teliti dan terperinci.

Adapun langkah-langkah menghitung *PGCV* adalah:

1. *Achieve Customer Value (ACV)*, Mencari nilai *ACV* yaitu dengan mengalikan antar *variable Importance* dengan *variable Performance*. Misalnya seorang masyarakat/konsumen memberikan nilai 5 untuk *Importance* dan nilai 3 untuk *Performance* maka didapat nilai *ACV* nya adalah 15.
2. *Ultimately Desire Customer Value (UDCV)*, Setelah mendapat nilai *ACV* maka selanjutnya adalah mencari nilai *UDCV* yaitu dengan mengalikan nilai *Importance* yang dipilih oleh masyarakat/konsumen dengan nilai *performance* maksimal dalam skala *Likert* pada kuesioner yang disebar. Misalnya, jika masyarakat/konsumen memilih *Importance* adalah 4 dan *Performance* maksimalnya adalah 5 maka didapat nilai *UDCV* nya adalah 20.
3. Indeks *PGCV*, Dan terakhir nilai Indeks *PGCV* nya adalah nilai *UDCV* dikurangi dengan nilai Indeks *ACV* yang pada contohnya diatas berarti  $20 - 15 = 5$ . Item yang mendapatkan prioritas utama untuk diperbaiki kinerjanya baru menyusul item terbesar kedua dan seterusnya.



Flow chart penelitian dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1. Flow Chart Metodologi Penelitian



### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengolahan Data Dengan Menggunakan *Servqual*

Dari hasil perhitungan ini dapat diketahui tingkat kepuasan masyarakat terhadap kualitas pelayanan Kantor Camat Bukit Raya Pekanbaru secara keseluruhan ataupun untuk setiap dimensi. Perhitungannya adalah:

1. Menggunakan persamaan:

$$E_i, i = 1 \text{ s/d } 21 \tag{1}$$

$$P_i, i = 1 \text{ s/d } 21 \tag{2}$$

Dimana:  $E_i$  = Nilai ekspektasi responden untuk pernyataan (variabel) ke- $i$   
 $P_i$  = Nilai persepsi responden untuk pernyataan (variabel) ke- $i$

2. Menghitung Nilai  $\bar{E}_i$

Nilai  $\bar{E}_i$  diperoleh dari ekspektasi responden yang telah dirata-ratakan dengan rumus :

$$\bar{E}_i = \left[ \frac{\sum ER_j}{n} \right] \tag{3}$$

$$= \left[ \frac{4 + 4 + 4 + \dots + 4}{100} \right] = 4.45$$

dimana :  $ER_j$  = Ekspektasi responden terhadap pernyataan (variabel) ke- $i$ ,  
 $j$  = 1,2,3..... $n$  ( $n = 100$ )  
 $n$  = Jumlah responden ( $n = 100$ )

Nilai keseluruhan rata-rata ekspektasi responden ( $\bar{E}$ ) dapat dilihat pada tabel 1. berikut ini.

Tabel 1. Rekapitulasi Nilai Rata-rata Ekspektasi (Kepentingan)  $\bar{E}_i$

No	Variabel	$\bar{E}_i$	No	Variabel	$\bar{E}_i$
1	V1	4.45	12	V12	4.53
2	V2	4.40	13	V13	4.56
3	V3	4.41	14	V14	4.55
4	V4	4.52	15	V15	4.57
5	V5	4.32	16	V16	4.62
6	V6	4.49	17	V17	4.55
7	V7	4.51	18	V18	4.61
8	V8	4.48	19	V19	4.66
9	V9	4.46	20	V20	4.66
10	V10	4.47	21	V21	4.65
11	V11	4.49			

3. Menghitung Nilai  $\bar{P}_i$

Nilai  $\bar{P}_i$  diperoleh dari pendapat persepsi responden yang telah dirata-ratakan dengan rumus:

$$\bar{P}_i = \left[ \frac{\sum PR_j}{n} \right] \tag{4}$$

$$= \left[ \frac{4 + 4 + 5 + \dots + 4}{100} \right] = 3.81$$



dimana :  $PR_j$  = Persepsi responden terhadap pernyataan (variabel) ke-i,  
 $j$  = 1,2,3.....n (n = 100)  
 $n$  = Jumlah responden (n = 100)

Rata-rata keseluruhan nilai persepsi responden ( $\bar{P}$ ) dapat dilihat pada tabel 2. berikut ini:

Tabel 2. Rekapitulasi Nilai Rata-rata Persepsi (Kinerja)  $\bar{P}_i$

No	Variabel	$\bar{P}_i$	No	Variabel	$\bar{P}_i$
1	V1	3.81	12	V12	3.97
2	V2	3.94	13	V13	4.06
3	V3	3.96	14	V14	4.05
4	V4	3.88	15	V15	4.02
5	V5	3.91	16	V16	4.07
6	V6	3.97	17	V17	4.01
7	V7	4.06	18	V18	4.04
8	V8	4.12	19	V19	4.10
9	V9	4.01	20	V20	4.15
10	V10	4.03	21	V21	4.16
11	V11	4.01			

4. Menghitung  $\overline{Eds}_r$

Nilai  $\overline{Eds}_r$  diperoleh dengan rumus :

$$\overline{Eds}_r = \left[ \frac{\sum E_i}{m_r} \right] \quad (5)$$

$$= \left[ \frac{4.45 + 4.40 + 4.41 + 4.52 + 4.32}{5} \right] = 4.42$$

dimana :  $ds_r$  = Dimensi servqual ke-r, r = 1,2,3,4,5

$\bar{E}_i$  = Hasil rata-rata ekspektasi terhadap pernyataan (variabel) ke-i

$m$  = Jumlah pernyataan (variabel) pada dimensi *servqual* ke-r

Rata-rata keseluruhan nilai ekspektasi tiap dimensi ( $\overline{Eds}$ ) dapat dilihat pada tabel 3.

Tabel 3. Rekapitulasi Nilai Rata-rata Ekspektasi

R	Dimensi <i>Servqual</i>	Nilai $\overline{Eds}$
1	Keandalan ( <i>Reliability</i> )	4.42
2	Daya Tanggap ( <i>Responsiveness</i> )	4.48
3	Jaminan ( <i>Assurance</i> )	4.55
4	Empati ( <i>Empathy</i> )	4.58
5	Kasat Mata ( <i>Tangible</i> )	4.65

5. Menghitung  $\overline{Pds}_r$

Nilai  $\overline{Pds}_r$  diperoleh dari hasil nilai dengan rumus :

$$\overline{Pds}_r = \left[ \frac{\sum P_i}{m_r} \right] \quad (6)$$



$$= \left[ \frac{3.81 + 3.94 + 3.96 + 3.88 + 3.91}{5} \right] = 3.90$$

dimana :  $ds_r$  = Dimensi servqual ke-r,  $r = 1,2,3,4,5$

$\bar{P}_i$  = Hasil rata-rata persepsi terhadap pernyataan (variabel) ke-i

M = Jumlah pernyataan (variabel) pada dimensi *servqual* ke-r

Rata-rata keseluruhan nilai persepsi tiap dimensi ( $\overline{Pds}$ ) dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. Rekapitulasi Nilai Rata-rata Persepsi

R	Dimensi <i>Servqual</i>	Nilai $\overline{Pds}$
1	Keandalan ( <i>Reliability</i> )	3.90
2	Daya Tanggap ( <i>Responsiveness</i> )	4.03
3	Jaminan ( <i>Assurance</i> )	4.03
4	Empati ( <i>Empathy</i> )	4.03
5	Kasat Mata ( <i>Tangible</i> )	4.11

6. Menghitung nilai *Servqual* (Mengukur kualitas pelayanan dengan *Servqual*)  
*Servqual* dicari dengan menggunakan rumus :

$$Servqual = \text{Persepsi Konsumen} - \text{Ekspektasi Konsumen} = \overline{Pds}_r - \overline{Eds}_r \quad (7)$$

Perhitungan *servqual* setiap dimensi pada  $ds_{r=1}$  adalah :Keandalan =  $3.90 - 4.42 = -0.52$

Hasil perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada tabel 5. dibawah ini:

Tabel 5. Ringkasan Hasil Perhitungan Nilai *Servqual* Untuk Setiap Dimensi

R	Dimensi <i>Servqual</i>	Nilai <i>Servqual</i>
1	Keandalan ( <i>Reliability</i> )	-0.52
2	Daya Tanggap ( <i>Responsiveness</i> )	-0.45
3	Jaminan ( <i>Assurance</i> )	-0.52
4	Empati ( <i>Empathy</i> )	-0.55
5	Kasat Mata ( <i>Tangible</i> )	-0.54

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan rata-rata nilai persepsi (kinerja) pada setiap dimensi kualitas lebih kecil dibandingkan dengan nilai ekspektasi responden. Hal ini berarti bahwa terdapat perbedaan antara ekspektasi (harapan) masyarakat dengan kinerja pelayanan yang diterima di kantor Camat Bukitraya Pekanbaru.

### 3.2 Uji T\_Test

Uji  $t_{test}$  dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perbedaan pendapat responden antara ekspektasi dan persepsi pada kelima dimensi *servqual*.

#### Hipotesis:

$H_0$ : Tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara ekspektasi dan persepsi

$H_1$ :Terjadi perbedaan yang signifikan antara ekspektasi dan persepsi

Tabel 6.Rekapitulasi Sampel T\_Test

Dimensi <i>Servqual</i>	Kinerja (P)	Harapan (E)	Servqual	T_Tabel	T_hitung	Sig (2-tailed)
<i>Reliability</i>	3.90	4.42	-0.52	2.093	16.0	0.04
<i>Responsiveness</i>	4.03	4.48	-0.45	2.093	18.9	0.03
<i>Assurance</i>	4.03	4.55	-0.52	2.093	16.5	0.04
<i>Empaty</i>	4.03	4.58	-0.55	2.093	15.6	0.04
<i>Tangible</i>	4.11	4.65	-0.54	2.093	16.2	0.04
<b>Rata-Rata</b>	<b>4.02</b>	<b>4.54</b>	<b>-0.52</b>		<b>16.64</b>	<b>0.04</b>



Dari Tabel 6 dapat dilihat bahwa secara keseluruhan nilai  $T_{Hitung} > T_{Tabel}$  terjadi perbedaan yang signifikan antara ekspektasi dan persepsi untuk kelima dimensi kualitas yaitu dimensi *reliability*, *responsiveness*, *assurance*, *empaty* dan *tangible*. Hal ini menunjukkan bahwa kinerja pegawai Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru tidak sesuai dengan harapan masyarakat.

### 3.3 Pengolahan Data dengan Menggunakan Metode *Performance Importance Analysis*

Penelitian mengenai tingkat kepuasan masyarakat terhadap pelayanan yang diberikan Kantor Camat Bukit Raya Pekanbaru berdasarkan pada 5 dimensi kualitas (Tjiptono dan Diana, 2003), yaitu: *Reliability* (kehandalan), *Responsiveness* (Daya Tanggap), *Assurance* (Jaminan), *Empathy* (Empati), *Tangible* (Kasat Mata). Pengukuran hubungan tingkat harapan (kepentingan) dan persepsi (kinerja) diawali dengan menghitung nilai indeks untuk item harapan dan kinerja terhadap kualitas pelayanan. Dimana nilai indeks ini merupakan nilai penentu untuk setiap variabel pertanyaan yang berada pada diagram *importance-performance matrix*. Adapun rekapitulasi perhitungan nilai indeks tingkat harapan dan kinerja dapat dilihat pada tabel 7 dan Tabel 8 sebagai berikut.

Tabel 7. Rekapitulasi Nilai Indeks Tingkat Harapan

Variabel Pertanyaan	Jumlah Pembobotan	Nilai Indeks	Variabel Pertanyaan	Jumlah Pembobotan	Nilai Indeks
1	444	88.8	12	441	88.2
2	438	87.6	13	443	88.6
3	438	87.6	14	441	88.2
4	448	89.6	15	442	88.4
5	427	85.4	16	446	89.2
6	443	88.6	17	438	87.6
7	444	88.8	18	443	88.6
8	440	88	19	447	89.4
9	437	87.4	20	446	89.2
10	437	87.4	21	444	88.8
11	438	87.6			

Perhitungan nilai indeks pada variabel pertanyaan pertama:

$$\text{Nilai Indeks} = \text{Jumlah Pembobotan} : 5 = 444 : 5 = 88,8$$

Tabel 8. Rekapitulasi Nilai Indeks Tingkat Kinerja

Variabel Pertanyaan	Jumlah Pembobotan	Nilai Indeks	Variabel Pertanyaan	Jumlah Pembobotan	Nilai Indeks
1	380	76	12	385	77
2	392	78.4	13	393	78.6
3	393	78.6	14	391	78.2
4	384	76.8	15	387	77.4
5	386	77.2	16	391	78.2
6	391	78.2	17	384	76.8
7	399	79.8	18	386	77.2
8	404	80.8	19	391	78.2
9	392	78.4	20	395	79
10	393	78.6	21	395	79
11	390	78			

Perhitungan nilai indeks pada variabel pertanyaan pertama

$$\text{Nilai Indeks} = \text{Jumlah Pembobotan} : 5 = 380 : 5 = 76$$

Setelah diperoleh nilai indeks untuk tingkat harapan dan tingkat kinerja, selanjutnya akan diketahui nilai rata-rata dari kedua indeks tersebut, dimana nilai rata-rata tersebut merupakan pembatas yang membagi diagram *Importance-Performance* menjadi empat bagian. Rekapitulasi nilai rata-rata Indeks *Importance* dan *Performance* dapat dilihat pada Tabel 9. sebagai berikut.

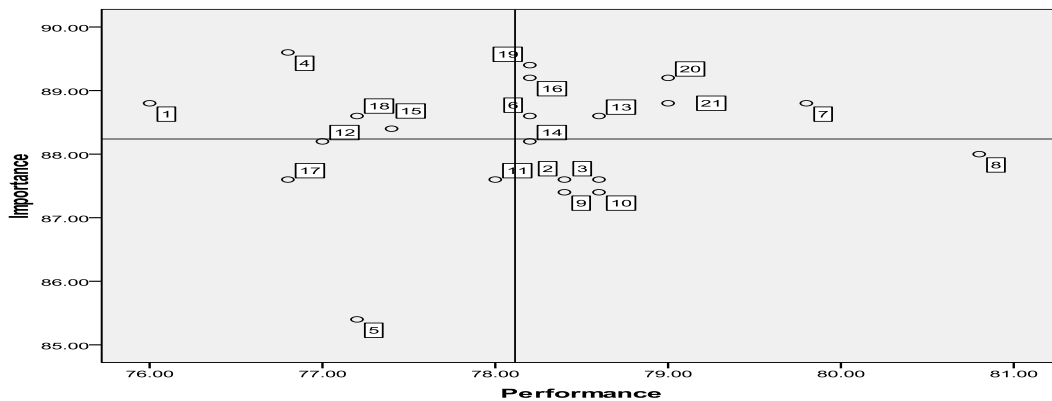


Tabel 9. Nilai Rata-Rata Indeks *Importance* dan *Performance*

Variabel	Indeks Performance	Indeks Importance	Variabel	Indeks Performance	Indeks Importance
1	76	88,8	12	77	88,2
2	78,4	87,6	13	78,6	88,6
3	78,6	87,6	14	78,2	88,2
4	76,8	89,6	15	77,4	88,4
5	77,2	85,4	16	78,2	89,2
6	78,2	88,6	17	76,8	87,6
7	79,8	88,8	18	77,2	88,6
8	80,8	88	19	78,2	89,4
9	78,4	87,4	20	79	89,2
10	78,6	87,4	21	79	88,8
11	78	87,6			
Rata-Rata Indeks <i>Performance</i>		78,11	Rata-Rata Indeks <i>Importance</i>		88,24

Dengan diperolehnya nilai indeks untuk tingkat harapan (kepentingan) dan kinerja serta nilai rata-rata kedua indeks tersebut, maka selanjutnya akan dapat diketahui posisi setiap variabel-variabel pertanyaan, dimana pertanyaan tersebut merupakan variabel yang mewakili kualitas pelayanan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Dengan mengetahui posisi setiap variabel pertanyaan, maka akan mempermudah untuk mengambil keputusan terhadap hal-hal apa saja yang harus diperbaiki, dipertahankan, ditingkatkan dan lain sebagainya yang berkenaan dengan pelayanan Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru.

Adapun posisi variabel-variabel pertanyaan dapat digambarkan pada diagram *Importance-Performance Matrix* sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram *Importance-Performance Matrix*

Untuk dapat melihat posisi penempatan data yang telah dianalisis tersebut, maka dapat dilihat pada Tabel 10. sebagai berikut.

Tabel 10. Rekap Masing-Masing Pertanyaan Pada Setiap Kuadran

Kuadran	Variabel Pertanyaan
A	Kemudahan dalam kepengurusan surat pengantar pembuatan KTP dan KK
	Kemudahan mengikuti prosedur dan mekanisme pelayanan
	Sikap peduli petugas menerima keluhan maupun pengaduan terhadap kebutuhan informasi dan data
	Kerapian berpakaian petugas
	Komunikasi petugas dengan masyarakat jelas dan informatif
	Kebersihan kantor pelayanan
	Kebenaran informasi petugas dalam memberikan pelayanan
B	Kesiapan petugas untuk memberikan pelayanan



Kuadran	Variabel Pertanyaan
	Keramahan petugas untuk memberikan informasi
	Kemudahan petugas untuk dihubungi oleh masyarakat yang membutuhkan pelayanan
	Kenyamanan ruang tunggu pelayanan
	Fasilitas parkir yang memadai
C	Kehadiran petugas di kantor selama jam kerja (istirahat pukul 12.00 WIB – 13.00 WIB)
	Petugas cepat tanggap dalam melakukan pekerjaannya
	Ketersediaan waktu petugas untuk dihubungi oleh masyarakat
D	Kemudahan dalam kepengurusan surat keterangan ganti rugi tanah
	Kemudahan dalam kepengurusan surat keterangan tidak mampu
	Ketepatan waktu petugas untuk memberikan pelayanan
	Informasi yang diberikan petugas cepat dan mudah dipahami
	Petugas melayani masyarakat sesuai dengan urutan antrian
	Kepercayaan masyarakat terhadap kemampuan petugas

### 3.4 Pengolahan Data dengan Menggunakan Metode *Potential Gain in Customer Value*

Untuk melengkapi hasil analisa dari *Importance & Performance*, digunakan sebuah metode untuk menentukan prioritas perbaikan yang harus dilakukan. PGCV memberikan jalan bagi diagram *Importance* dan *Performance* untuk dapat dibandingkan dalam bentuk yang lebih teliti dan terperinci. Berdasarkan diagram *Importance & Performance* terdapat 7 atribut pernyataan yang berada pada kuadran I, dari ketujuh atribut pernyataan ini dapat dilihat atribut yang pertama yang harus diperbaiki dengan menggunakan metode PGCV. Perhitungan atribut yang berada pada kuadran I adalah sebagai berikut.

**Atribut Pernyataan 1:** Menghitung  $AC = \bar{X} \cdot \bar{Y} = 3,80 \times 4,44 = 16,87$

Menghitung  $UDCV = \bar{Y} \cdot P_{maks} = 5 \times 4,44 = 22,20$

Menghitung indeks PGCV =  $UDCV - ACV = 22,20 - 16,87 = 5,33$

Rekapitulasi perhitungan Indeks PGCV Kuadran I pada Diagram *Importance & Performance* dapat dilihat pada Tabel 11 sebagai berikut.

Tabel 11. Perhitungan Indeks PGCV Kuadran I pada Diagram *Importance & Performance*

No. Pernyataan	Performance ( $\bar{X}$ )	Importance ( $\bar{Y}$ )	Nilai ACV	Nilai UDCV	Indeks PGCV	Urutan Ke
			$\bar{X} \cdot \bar{Y}$	$\bar{Y} \cdot P_{maks}$		
1	3,8	4,44	16,87	22,20	5,33	1
4	3,84	4,48	17,20	22,40	5,20	2
6	3,91	4,43	17,32	22,15	4,83	7
12	3,85	4,41	16,98	22,05	5,07	3
15	3,87	4,42	17,11	22,10	4,99	5
18	3,86	4,43	17,10	22,15	5,05	4
19	3,91	4,47	17,48	22,35	4,87	6

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan pendekatan *Importance Performance Analysis* (IPA), terdapat 7 (tujuh) atribut penentu kualitas pelayanan Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru yang berada di kuadran A dan harus diperbaiki sesuai dengan harapan masyarakat yaitu seperti:

- Kemudahan dalam kepengurusan surat pengantar pembuatan KTP dan KK
- Kemudahan mengikuti prosedur dan mekanisme pelayanan
- Sikap peduli petugas menerima keluhan maupun pengaduan terhadap kebutuhan informasi dan data
- Kerapian berpakaian petugas





- e. Komunikasi petugas dengan masyarakat jelas dan informatif
- f. Kebersihan kantor pelayanan
- g. Kebenaran informasi petugas dalam memberikan pelayanan.

Berdasarkan hasil pengolahan data dengan pendekatan *Potential Gain in Customer Value* (PGCV) dapat diketahui atribut-atribut yang menjadi prioritas perbaikan yang paling pertama yang berada pada kuadran A. Urutan prioritas perbaikan atribut-atribut yang berada pada kuadran A adalah sebagai berikut:

- a. Kemudahan dalam kepengurusan surat pengantar pembuatan KTP dan KK
- b. Kemudahan mengikuti prosedur dan mekanisme pelayanan
- c. Kebenaran informasi petugas dalam memberikan pelayanan
- d. Kerapian berpakaian petugas
- e. Sikap peduli petugas menerima keluhan maupun pengaduan terhadap kebutuhan informasi dan data
- f. Kebersihan kantor pelayanan
- g. Komunikasi petugas dengan masyarakat jelas dan informatif

#### 4.2 Saran

Berdasarkan tingkat kepuasan masyarakat, kinerja Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru masih perlu ditingkatkan lagi karena masih terdapat perbedaan antara harapan masyarakat dengan kinerja petugas kantor Camat Bukitraya Pekanbaru. Dengan diketahuinya atribut-atribut yang menjadi prioritas perbaikan, akan memudahkan pihak Kecamatan untuk melakukan evaluasi perbaikan terhadap pelayanan di Kantor Camat Bukitraya Pekanbaru.

#### Daftar Pustaka

- Algifari, 2000, *Analisis Regresi, Teori, Kasus, dan Solusi*, BPFE, Yogyakarta.
- Amir, Mohammad Faisal., 2006. *Mengolah dan Membuat Interpretasi Hasil Olahan SPSS Untuk Penelitian Ilmiah*, Edsa Mahkota, Jakarta.
- Gerson, F. Richard. 2001. *Mengukur Kepuasan Pelanggan*, Edisi Pertama, PPM, Jakarta.
- Handriati a. A., Sunario dan Helia, V.N., 2015, Analisis Kualitas Pelayanan Publik Terhadap Kepuasan Konsumen Dengan Menggunakan Metode Servperf IPA CSI, *Jurnal Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia*, Vol. 21 No.4, Hal. 178-190, Yogyakarta.
- Nugraha, R., Harsono, A., dan Adianto, H., 2014. Usulan Peningkatan Kualitas Pelayanan Jasa Pada Bengkel X Berdasarkan Matrix Importance Performance Analysis (Studi Kasus: Bengkel Ahas Pada Sumber Motor Karawang), *Jurnal Jurusan Teknik Industri, Itenas*, Vo. 01, NO. 03., ISSN: 2338 – 5081, Bandung.
- Parasuraman, A., V.A. Zeithaml, and L.L. Berry (1985), "A Conceptual Model Of Service Quality and Its Implications For Future Research", *Journal of Marketing*, Vo. 49, Fall. PP. 41-50.
- Rusnilawati, 2016, *Tugas Akhir: Analisis Kualitas Pelayanan Terhadap Kepuasan Masyarakat atau Pasien di RSUD Tengku Rafi'an Kabupaten Siak Menggunakan Metode Importance Performance Analysis dan Potential Gain In Customer Value*, Jurusan Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Siregar, S., F. 2006. Analisis Tingkat Kualitas Pelayanan Dengan Metode Index PGCV di PT. Bank Muamalat Indonesia Cabang Medan, *Jurnal Staf Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara*, Vol. 7, No. 4, Medan.
- Umar, H., 2002, *Metode Riset Bisnis*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Wija, T., 2011, *Manajemen Kualitas Jasa*, Permata Putri Media, Jakarta Barat.



## Analisis Pengaruh Posisi Penggunaan *Welding Simulator* Terhadap *Visual Induced Motion Sickness (VIMS)*

Fedia Restu<sup>1,2\*</sup>, Titis Wijayanto<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Batam, Batam

\*E-mail : fedia@polibatam.ac.id

### Intisari

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *welding simulator* terhadap *Visual Induced Motion Sickness (VIMS)* yang dilihat dari dua sisi penilaian yaitu dari sisi objektif dan subjektif yang diukur meliputi *Heart Rate Variability (HRV)* dan *Simulator Sickness Questioner (SSQ)*. Responden yang terlibat di dalam penelitian ini berjumlah 26 orang yang terdiri dari mahasiswa kelas reguler (*novice*) dan kelas karyawan (*expert*) Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam yang berusia 19-22 tahun. Responden yang mengikuti eksperimen dengan melakukan tiga tahapan simulasi menggunakan alat *welding simulator* dengan tiga posisi secara acak. Hasil dari analisis statistik untuk *HRV* didapatkan adanya pengaruh secara signifikan dari posisi simulasi terhadap *virtual sickness* ( $F(2,23) = 3.670, p < 0.05$ ) sedangkan analisis statistik pada *SSQ* tidak menunjukkan adanya pengaruh signifikan dari posisi simulasi terhadap gejala *nausea* ( $F(2,23) = 3.598, p = 0.035$ ) *oculomotor* ( $F(2,23) = 0.459, p = 0.635$ ) *disorientation* ( $F(2,23) = 1.467, p = 0.240$ ) dan *total simulator sickness* ( $F(2,23) = 0.242, p = 0.786$ ).

*Kata Kunci* : *Welding simulator, VIMS, HRV, SSQ*

### 1 Pendahuluan

Batam merupakan salah satu kota industri yang memiliki banyak perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur dan produksi. Dalam pelaksanaannya banyak perusahaan tersebut yang berhubungan dengan penyambungan logam dan untuk itu dibutuhkan tenaga yang ahli dalam bidang pengelasan (*welding skill*) karena untuk memperoleh sambungan las yang berkualitas dan sesuai dengan standar diperlukan tenaga pengelasan (*welder*) yang terampil dan berkualifikasi. *Welder* dituntut harus memiliki keterampilan dasar sebelum terjun langsung ke lapangan. *Welder* dengan *skill* rendah dan tidak berpengalaman dapat berdampak negatif bagi perusahaan dimana kualitas pengelasan akan rendah sehingga kualitas konstruksi secara keseluruhanpun akan menjadi rendah serta dapat berdampak pada terjadinya pembengkakan biaya operasional.

Kebutuhan akan tenaga kerja *welder* belum banyak terpenuhi hingga saat ini karena untuk membentuk *welding skill* dengan standar yang baik dan berkualifikasi memerlukan biaya yang sangat tinggi. Tingginya biaya ini disebabkan oleh kebutuhan logam dan elektroda sebagai bahan habis pakai untuk proses latihan dengan menggunakan mesin las. Oleh karena itu pembentukan *welding skill* dengan biaya yang relatif murah menjadi tantangan para pencetak tenaga kerja baik perguruan tinggi maupun lembaga-lembaga pelatihan untuk mengembangkan metode pembelajaran yang efektif dan efisien. Untuk meminimalisir biaya dan penggunaan material yang banyak dalam pelatihan *welding*, maka pelatihan *welding* dapat dilakukan dengan menggunakan *welding simulator* yang dapat dipakai oleh para calon *welder* untuk mengasah teknik-teknik dasar seperti *speed*, *stick out*, dan *angle* dimana teknik dasar tersebut sangat berpengaruh pada kualitas produk yang dilakukan pengelasan. Sehingga nantinya kebutuhan akan *welder* yang terampil dan



berkualifikasi dapat dipenuhi dengan melakukan pelatihan *welding* yang baik kepada calon tenaga kerja karena pada dasarnya pelatihan *welding* bertujuan untuk meningkatkan kemampuan dalam teknik pengelasan.

Pada *welding simulator visual* operator dituntut untuk fokus pada *simulator* di mana dalam pengelasannya pengguna atau operator dituntut untuk memastikan bahwa gambar titik pengelasan tetap berwarna hijau dalam durasi waktu yang lama. Gambar titik berwarna hijau pada *welding simulator* ini menunjukkan bahwa operator melakukan pengelasan dalam posisi yang baik. Gambar titik pada *simulator* ini bersifat dinamis, yang artinya titik-titik warna dalam *simulator* dapat berubah menjadi kuning ataupun merah. Bila ada titik kuning dalam simulasi pengelasan, maka dalam pengelasan sudah sedikit menjauhi dari area yang akan dilas dan ketika titik berwarna merah berarti posisinya sangat jauh dari area pengelasan.

Penelitian Wibirama, dkk (2014) menunjukkan bahwa paparan cahaya dinamis menimbulkan terjadinya *Visual Induced Motion Sickness (VIMS)* pada saat menggunakan *simulator*. Paparan cahaya yang terus menerus ini dalam durasi yang lama terhadap warna-warna yang timbul pada *monitor simulator* disaat pengelasan juga akan berpengaruh terhadap *VIMS*. Penggunaannya sesuai dengan paparan penelitian Dziuda, dkk (2014) yang juga menggunakan alat *driving simulator* untuk menentukan pengaruh jarak pandang.

Dari penjelasan di atas, perlu diteliti bagaimana *welding simulator* mempengaruhi *VIMS* yang dialami oleh operator ketika melakukan simulasi dilihat dari dua sisi, yakni sisi subjektif dengan menggunakan *Simulator Sickness Questionnaire (SSQ)* Kennedy, dkk (1993) dan objektif dengan menggunakan HRV (*Heart Rate Variability*). Penelitian terkait *VIMS* yang lain banyak yang menggunakan alat *driving simulator* seperti pada penelitian Broks, dkk (2010) dimana pengukuran SSQ diidentifikasi bahwa peserta yang lebih tua memiliki kemungkinan lebih besar mengalami *simulator sickness* dibanding dengan peserta yang lebih muda. Hal ini disebabkan salah satunya dengan keterbiasaan peserta yang lebih muda sering menggunakan alat-alat *simulator* seperti dalam *video game*. Begitupula pada penelitian Brookhuis, dkk (2010) yang hanya menggunakan variabel objektif pada penelitiannya dimana kecelakaan lalu lintas sering terjadi karena beratnya beban mental yang ditanggung oleh pengemudi, karena itu peneliti menggunakan alat HRV dan EEG untuk menilai tingkat stres pada pengemudi tersebut.

Penelitian tentang alat *simulator welding* dipandang perlu dilakukan karena dapat berpengaruh terhadap proses pembelajaran aktivitas *welding* dan juga dampak jangka panjang penggunaan *welding simulator* terhadap kesehatan yang merupakan gangguan sesaat yang dipicu oleh adanya gangguan koordinasi di otak akibat adanya rangsangan dari luar yang diterima oleh panca indera secara bersamaan dan diteruskan ke dalam otak.

## 2 Metodologi Penelitian

### 2.1 Subjek Penelitian dan Objek Penelitian

Subjek yang dilibatkan dalam penelitian ini adalah mahasiswa Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam kelas reguler dan karyawan. Subjek berjumlah 26 orang dengan rentang usia 19-22 tahun dimana kesemuanya tidak memiliki pengalaman dalam menggunakan alat *welding simulator*.

Obyek yang digunakan dalam penelitian ini adalah *welding simulator FRONIUS* yang dimiliki oleh Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Batam. Alat tersebut terdiri dari beberapa bagian yaitu *workpieces*, *helmet*, *elektode holder* dan *torch*.

### 2.2 Prosedur Penelitian

Tahapan awal pada penelitian ini yaitu mengumpulkan para mahasiswa yang akan dijadikan responden, lalu diberi pengarahan tentang langkah-langkah apa yang harus dilakukan dalam proses simulasi berlangsung serta menerangkan bagaimana cara pengisian kuesioner untuk pengukuran SSQ (Kennedy, dkk 1993). Dalam pelaksanaannya simulasi



dilakukan secara bertahap di mana waktu yang diperlukan setiap mahasiswa dalam melakukan simulasi sekitar 30-45 menit.

Tahap berikutnya responden diminta untuk mengenakan alat *heart rate monitor* yang dilekatkan pada dada di areal jantung. *Heart rate monitor* ini digunakan untuk mengukur *R-R interval* saat responden melakukan proses simulasi yang akan digunakan untuk menganalisis HRV dari responden. Data akuisisi *hear rate* ditransmisikan dari polar *bluetooth* monitor ke *smartphone* menggunakan aplikasi *Polar Beat*. Tahapan awal setelah mengenakan alat tersebut, responden melakukan pengisian kuesioner yang dilakukan lebih kurang 0.5 - 1 menit dan selanjutnya dilakukan proses simulasi yang pertama menggunakan alat *welding simulator* dengan kombinasi 3 posisi yaitu *flat (under hand)*, *vertical* dan *over head* secara acak seperti pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan pengisian kuesioner SSQ sesudah simulasi pertama berakhir. Tahapan kedua dilakukan dengan tahapan yang sama dengan tahapan yang pertama dengan diawali pengisian kuesioner SSQ yang dilanjutkan dengan melakukan proses simulasi dengan posisi yang berbeda dengan tahapan pertama dan diakhiri dengan proses pengisian kuesioner. Tahapan terakhir yakni simulasi yang ketiga kembali diawali dengan pengisian kuesioner SSQ dilanjutkan dengan proses simulasi dengan posisi yang berbeda dengan tahapan pertama dan kedua dan diakhiri kembali dengan proses pengisian SSQ.

Kuesioner SSQ tersebut menanyakan gejala-gejala apa yang dirasakan oleh responden sebelum dan sesudah simulasi berlangsung. Terdapat 4 poin skala (0-4) dimana masing-masing responden dapat memilih mulai dari *score* 0 = tidak merasakan apa-apa, 1 = sedikit merasakan, 2 = merasakan sedang-sedang saja, 3 = banyak merasakan. Dari 4 skala tersebut ditotalkan dan digolongkan ke dalam 3 gejala dalam SSQ yaitu *nausea*, *oculomotor* dan *dissorientation*. *Score* dari setiap gejala tersebut dikalikan dengan koefisien khusus yaitu hasil *nausea* dikalikan dengan 9.54, jumlah *oculomotor* dikalikan dengan 7.58 dan *dissorientation* dikalikan dengan 13.92 setelah itu didapatkan hasil dari total SSQ dengan cara menambahkan kesemua parameter gejala yang dirasakan oleh responden di awal hingga akhir proses simulasi berlangsung (Kennedy dkk, 1993).



**Gambar 1.** Posisi Pengelasan Menggunakan *Welding Simulator*

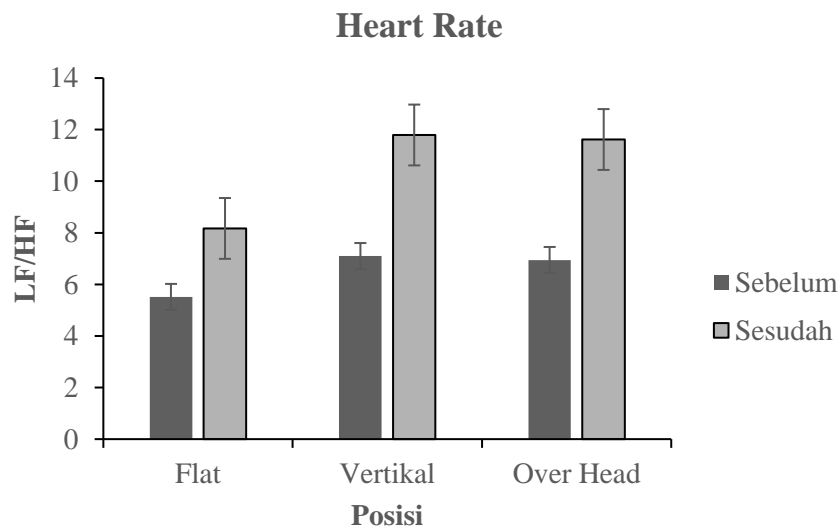
### 2.3 Olah Data dan Analisis Statistik

Pengukuran ini dilakukan dengan 2 jenis yaitu secara objektif dan subjektif. Pengukuran objektif *polar monitor* yang olahannya menggunakan *software Kubios* HRV dan pengukuran SSQ yang menggunakan kuesioner SSQ (Kennedy dkk. 1993) yang diterjemahkan ke dalam bahasa Indonesia. Data yang mengikuti asumsi parametrik akan dilakukan pengujian menggunakan *Repeat Measure ANOVA* (RM ANOVA) dengan nilai signifikan yang digunakan adalah 0.05 ( $p < 0.05$ )

### 3 Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Heart Rate Variability (LF/HF)

Score yang dihitung di dapat dari *software Kubios HRV* melalui grafik RR Interval dimana diambil data LF/HF setiap proses simulasi berlangsung. Pada posisi *flat* LF/HF dan *vertical* selisih antara sebelum melakukan simulasi dengan sesudah simulasi memiliki nilai perbandingan sebesar 2.04, selisih antara *flat* dengan *over head* sebesar 2.01 sedangkan untuk posisi *vertical* dengan *over head* memiliki perbandingan yang lebih kecil yaitu sebesar 0.02. Nilai rata-rata yang diperoleh untuk posisi *flat* sebelum dan sesudah simulasi sebesar  $2.66 \pm 4.83$ , posisi *vertical* bernilai  $4.69 \pm 7.37$  dan posisi *over head* sebesar  $4.67 \pm 6.30$  seperti terlihat pada Gambar 2.



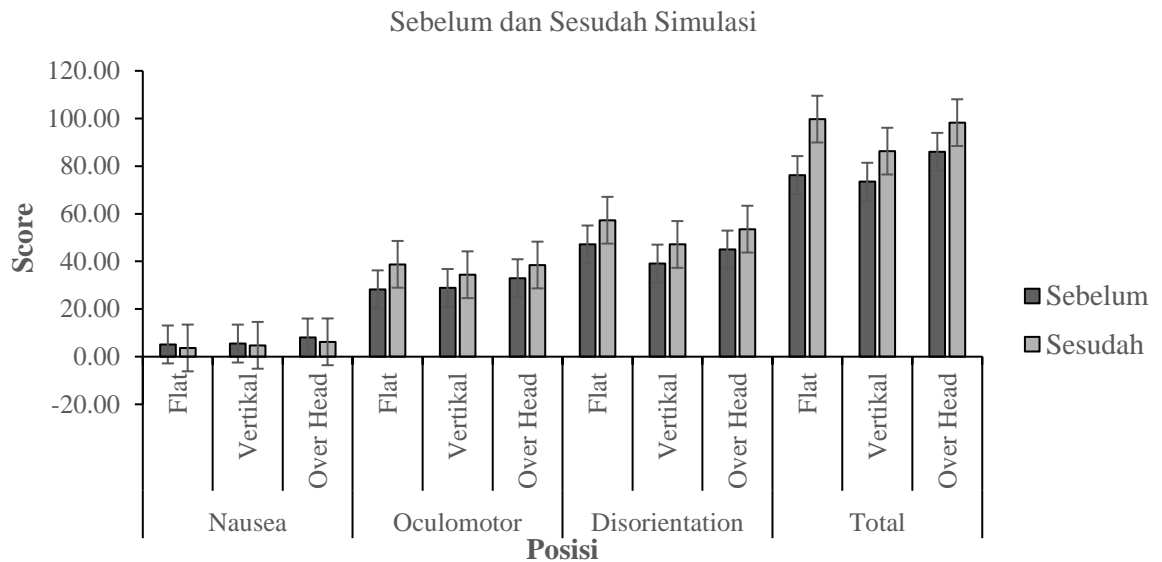
Gambar 2. Rata-rata LF/HF pada tiga posisi, sebelum dan sesudah simulasi

Hasil dari analisis statistik menggunakan RM ANOVA diperoleh adanya perbedaan signifikan antara posisi pengelasan saling mempengaruhi secara signifikan terbukti dengan hasil ( $p = 0.033$ ). Hasil perhitungan *Pairwise Comparison* menunjukkan bahwa posisi *flat* dengan *vertical* memiliki perbedaan secara signifikan ( $p = 0.018$ ) tetapi tidak dengan posisi *over head* ( $p = 0.095$ ). Penelitian ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Brookhuis, dkk (2010) yang mengatakan bahwa tinggi rendahnya grafik LF/HF yang dimunculkan pada *alertness monitoring* menunjukkan pengaruhnya beban mental atau tingkat stres sehingga akan berpengaruh terhadap tinggi rendahnya tingkat error.

#### 3.2 Simulator Sickness Questioner (SSQ)

Hasil dari analisis statistik dengan menggunakan RM ANOVA menunjukkan bahwa posisi simulasi berpengaruh terhadap *nausea* meskipun tidak signifikan ( $p = 0.035$ ). Sementara itu, posisi simulasi tidak berpengaruh secara signifikan terhadap *oculomotor sickness* ( $p = 0.635$ ), *disorientation* ( $p = 0.240$ ) ataupun *sickness total* ( $p = 0.786$ ). Hal ini ditunjukkan pada Gambar 3 untuk total penilaian dimana keadaan *sickness* awal berbeda dengan keadaan *sickness* pada simulasi sesudahnya yaitu pada total posisi *flat* sebelum melakukan simulasi di dapat nilai sebesar 76.25 dan *sickness* yang dihasilkan setelah simulasi dilakukan yaitu sebesar 99.73. Begitu juga terhadap posisi *vertical* yang sebelum melakukan simulasi bernilai 73.44, sesudah 85.99 dan posisi *over head* didapatkan nilai sebelum simulasi sebesar 86.29 dan sesudah simulasi bernilai 98.26.

Bila dilihat dari nilai SSQ pada gejala *nausea* sangat jauh dibanding dengan gejala *oculomotor* dan *disorientation*, sehingga alat *welding simulator* yang digunakan saat simulasi dirancang baik dari efek atau gejala *nausea* sedangkan pada *oculomotor* dan *disorientation* menunjukkan tingginya alat indera motorik dalam mempergunakannya. Perbandingan antara sebelum dan sesudah menggunakan simulator hanya nampak pada gejala motorik, dimana didapatkan nilai yang tinggi yaitu pada gejala *oculomotor* dan *disorientation*.



Gambar 3. Rata-rata nilai SSQ pada tiga posisi, sebelum dan sesudah simulasi

Dari Gambar 3 di atas hasil dari penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan dari nilai yang di dapat sebelum dan sesudah simulasi. Namun jika dilihat dari nilai signifikansinya pengaruhnya tidak signifikan karena semua variabel yakni *nausea*, *oculomotor* dan *disorientation* memiliki nilai  $p > 0.05$ . Hanya *nausea* yang dapat dikatakan cukup mempengaruhi karena nilai  $p$  mendekati 0.05. Penelitian ini sedikit berbeda dengan penelitian sebelumnya yang dilakukan Wibirama, dkk (2014) tentang *driving simulation* dimana untuk penilaian subjektif menggunakan SSQ menunjukkan hasil yang signifikan.

#### 4 Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Penggunaan alat *welding simulator* yang menggunakan 3 bentuk posisi yaitu *flat*, *vertikal* dan *over head* dapat diketahui ada atau tidaknya hubungan atau pengaruh manusia terhadap penggunaan alat tersebut. Untuk mengetahui ada pengaruh atau tidaknya dapat diukur dari segi objektif yang menggunakan HRV dan subjektif yang menggunakan SSQ. Pada penilaian HRV, ternyata *heart rate* berpengaruh secara signifikan terhadap penggunaan alat *welding simulator* yaitu didapatkan hasil sebesar ( $F(2,23) = 3.670, p < 0.05$ ), sedangkan pada SSQ dalam analisis statistik RM ANOVA tidak ada pengaruh secara signifikan untuk gejala *oculomotor* dan *disorientation* tetapi pada gejala *nausea* pengaruh secara signifikan karena didapat hasil *nausea* ( $F(2,23) = 3.598, p > 0.05$ ) *oculomotor* ( $F(2,23) = 0.459, p > 0.05$ ), *disorientation* ( $F(2,23) = 1.467, p > 0.05$ ) dan total ( $F(2,23) = 0.242, p > 0.05$ ). Hasil ini menunjukkan bahwa dalam penggunaan *welding simulator* dalam jangka waktu yang lama akan berpengaruh pada kestabilan *heart rate* pada *welder* sedangkan dari segi subjektif faktor mual atau gangguan pada pencernaan sangat tinggi, untuk itu dianjurkan dalam

penggunaan *welding* simulator pada saat kondisi fit atau sehat yang pada dasarnya gejala mual terkait dengan nausea sebagai variabel yang paling mendekati signifikan.

#### 4.2 Saran

Pada penelitian ini faktor lingkungan tidak dilibatkan sehingga tidak diketahui kemungkinan waktu yang tepat dan baik untuk melakukan pelatihan *welding* dengan menggunakan alat *welding* simulator. Untuk penelitian selanjutnya sebaiknya penilaian subjektif lebih ditekankan atau ada pendekatan persuasif agar responden sebagai operator yang akan menggunakan alat *welding* simulator tersebut dapat dengan jujur mengisi keluhan atau apa yang dia rasakan.

#### Daftar Pustaka

- Brookhuis, K.A., dan D'Waard, D., 2010, Monitoring Drivers' Mental Workload in Driving Simulators Using Physiological Measures, *Journal Accident Analysis and Prevention* 42 (2010) 898–903.
- Brooks, J.O., Goodenough, R.R., Crisler, M.C., Klein, N.D., Alley, R.L., Koon, B.L., Logan Jr, W.C., Ogle, J.H., Tyrell, R.A., dan Wills, R.F., 2010, Simulator Sickness During Driving Simulation Studies, *Journal Accident Analysis and Prevention* 42 : 788-796.
- Dziuda, L., Biernacki, M.P., Baran, P.M., dan Truszczynski, O.E., 2014, The Effect of Simulated Fog and Motion on Simulator Sickness in a Driving Simulator and the Duration of After-Effects, *Journal Applied Ergonomics* 45 : 406-412.
- Ghozali, Imam., 2013, *Aplikasi Analisis Multivariat dengan Program IBM SPSS 21*. Edisi 7, Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Kennedy, R.S., Lane, N.E., Berbaum, K.S., dan Lilienthal, M.G., 1993, Simulator Sickness Questionnaire: An Enhanced Method for Quantifying Simulator Sickness, *International Journal of Aviation Psychology*, 3:3, 203-220.
- Kennedy, R.S., Stanney, K.M., dan Dunlap, W.P., 2000, Duration and Exposure to Virtual Environments: Sickness Curves During and Across Session. *Presence* 9 (5), 463-472.
- Wibirama, S., dan Hamamoto, K., 2014, 3D Gaze Tracking on Stereoscopic Display Using Optimized Geometric Method," *IEEJ Transactions on Electronics, Information and Systems*, vol.134, no.3, pp.345–352,
- Wibirama, S., Wijayanto, T., Nugroho, H.A., Bahit, M., dan Winadi, M.N., 2015, Quantifying Visual Attention and Visually Induced Motion Sickness During Day-Night Driving and Sleep Deprivation. *International Conference on Data and Software Engineering*.



# RO – RISET OPERASI





*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## Pengembangan Model Matematika *Heterogeneous Vehicle Routing Problem with Multi-Trips and Multi-Products*

TIDAK  
DIPRESENTASIKAN

Fran Setiawan, Nur Aini Masruroh

Program S2 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Telp. 0818280337, 085643099049

E-mail: fran552891@gmail.com

### Intisari

Pada vehicle routing problem (VRP) klasik yang dikenal dengan Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP), armada yang tersedia adalah homogen (kapasitasnya sama) sementara pada kebanyakan kasus nyata permintaan konsumen dilayani menggunakan armada heterogen (kapasitas berbeda-beda). Kasus yang demikian disebut Heterogeneous Vehicle Routing Problem (HVRP). Karena HVRP lebih sesuai dengan keadaan nyata maka jumlah penelitian mengenai HVRP meningkat dalam satu dekade terakhir dan masih banyak peluang penelitian di penambahan varian dari HVRP. Penelitian ini menambah varian dari HVRP bahwa suatu perusahaan memiliki armada heterogen dalam mengirimkan berbagai jenis produk ke konsumennya dan perusahaan ini mempunyai jenis armada yang berkapasitas kecil sehingga dimungkinkan untuk melakukan lebih dari satu rute perjalanan dalam satu hari kerja dan mengirimkan berbagai macam produk kepada konsumennya. Kasus ini disebut sebagai heterogeneous vehicle routing problem with multi-trips dan multi-products (HVRPMTMP). Pemodelan matematika mixed integer linear programming dibangun untuk memodelkan HVRPMTMP. Pada penelitian ini dibangun 3 skenario. Skenario pertama adalah jika kendaraan tidak diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam waktu satu hari/tanpa multi-trip dengan armada milik sendiri sehingga hanya biaya variabel yang berpengaruh. Skenario kedua adalah ketika armada diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam waktu satu hari dan armada dimiliki sendiri sehingga yang digunakan hanya biaya variabel dan skenario ketiga adalah ketika armada diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dan armada tidak dimiliki sendiri tetapi disediakan oleh pihak ketiga sehingga biaya tetap digunakan bersama dengan biaya variabel. Dari perbandingan hasil antara skenario pertama dan kedua didapatkan bahwa jika kendaraan diijinkan untuk melakukan multi-trip maka total biaya dapat diturunkan dari Rp 45.600,00 menjadi Rp 37.600,00. Dari hasil perbandingan antara skenario kedua dan ketiga dapat dilihat bahwa jika terdapat biaya tetap maka jumlah kendaraan yang digunakan menjadi lebih sedikit.

**Kata Kunci:** VRP, HVRP, HVRPMTMP, Branch and Bound, MILP

### 1. Pendahuluan

Biaya transportasi merupakan biaya tertinggi dalam keseluruhan biaya logistik yaitu mencapai 29,4% diikuti oleh biaya persediaan, biaya pergudangan, biaya pengepakan, biaya manajerial, biaya pemindahan material dan biaya pemesanan (Tseng dkk, 2005). Biaya transportasi dapat direduksi dengan beberapa cara, salah satunya adalah dengan mengoptimalkan urutan rute kunjungan kendaraan. *Vehicle routing problem* (VRP) adalah salah satu permasalahan untuk merancang rute pengiriman yang optimal dari satu atau beberapa depot ke sejumlah kota atau konsumen yang tersebar di dalam area geografi tertentu dan memenuhi sejumlah batasan operasional (Laporte, 1992). Tugas dari VRP adalah menentukan suatu set dari rute kendaraan untuk melayani semua atau beberapa permintaan transportasi dengan menggunakan kendaraan yang tersedia dengan biaya yang minimum, terutama menentukan kendaraan mana yang akan



ditugaskan untuk melayani konsumen yang mana dengan urutan seperti apa sehingga semua rute kendaraan memenuhi semua batasan operasional (Toth and Vigo, 2014).

Sejak dikenalkan pertama kali oleh Dantzig dan Ramzer pada tahun 1959, ratusan paper mengembangkan solusi eksak maupun pendekatan dari banyak varian VRP (Baldacci dkk, 2007). Pada VRP klasik yang dikenal dengan *Capacitated Vehicle Routing Problem* (CVRP), armada yang tersedia adalah homogen dalam arti kapasitasnya sama sementara pada kebanyakan kasus nyata permintaan konsumen dilayani menggunakan armada heterogen (kapasitas berbeda-beda). Kasus yang demikian disebut *Heterogeneous Vehicle Routing Problem* (HVRP) (Koc dkk, 2015). HVRP menjadi suatu area penelitian yang menarik sejak dikenalkan 30 tahun yang lalu karena lebih sesuai dengan kenyataan. Jumlah penelitian mengenai HVRP meningkat dalam satu dekade terakhir dan masih banyak peluang penelitian di penambahan varian dari HVRP (Koc dkk, 2015).

Untuk memperkaya penelitian di bidang penambahan varian HVRP bahwa suatu perusahaan memiliki armada heterogen dalam mengirimkan berbagai jenis produk ke konsumennya dan perusahaan ini mempunyai jenis armada yang berkapasitas kecil sehingga armada yang berkapasitas kecil ini dimungkinkan untuk melakukan lebih dari satu rute perjalanan dalam satu hari kerja. Kondisi dimana kendaraan diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam satu hari kerja disebut *multi-trip VRP* (Gendreau dkk, 2007). Karena kendaraan dimungkinkan untuk melakukan lebih dari satu rute, *multi-trip VRP* dapat membuat kendaraan yang digunakan menjadi lebih sedikit sehingga biaya tetap (*fixed cost*) dari kendaraan dapat dikurangi dengan pengurangan jumlah kendaraan yang digunakan (Huang dan Lee, 2011). Biaya tetap menjadi signifikan bergantung kepada apakah armada dimiliki sendiri oleh perusahaan atau armada tersebut berasal dari pihak ketiga/*third party* (Toth and Vigo, 2014).

Penelitian mengenai HVRP dengan *multi-trip* (HVRPMT) telah dilakukan oleh Prins pada tahun 2002, Sexias dan Mendez pada tahun 2013 dan Cruz dkk pada tahun 2014. Prins mengembangkan suatu heuristik untuk meminimalkan durasi total waktu perjalanan dan untuk meminimalkan jumlah kendaraan yang digunakan sebagai tujuan kedua. Tidak ada model matematika yang dibangun dan tidak melibatkan biaya kendaraan. Total durasi waktu dibatasi oleh jam kerja per hari. Sexias dan Mendez (2013) meneliti tentang HVRPMT dengan *time window* dan terbatasnya waktu kerja pengemudi dengan menggunakan metode *column generation*. Model *integer programming* dibangun dan diselesaikan dengan menggunakan *tabu search* dan *column generation* untuk mendapatkan *dual bound*. Jumlah rute maksimum yang dapat digunakan oleh kendaraan ditentukan diawal. Tujuannya adalah meminimalkan total biaya dari kegiatan distribusi dari depot tunggal menggunakan biaya variabel kendaraan. Cruz dkk (2014) meneliti HVRPMT dengan adanya maksimum jarak tempuh rute dimana semua kendaraan harus ditugaskan melakukan satu trip baru kemudian diijinkan untuk melakukan *multi-trip*. Biaya tetap diabaikan dan biaya variabelnya independen terhadap jenis kendaraan. Maksimum demand konsumen lebih besar dari kapasitas minimum kendaraan.

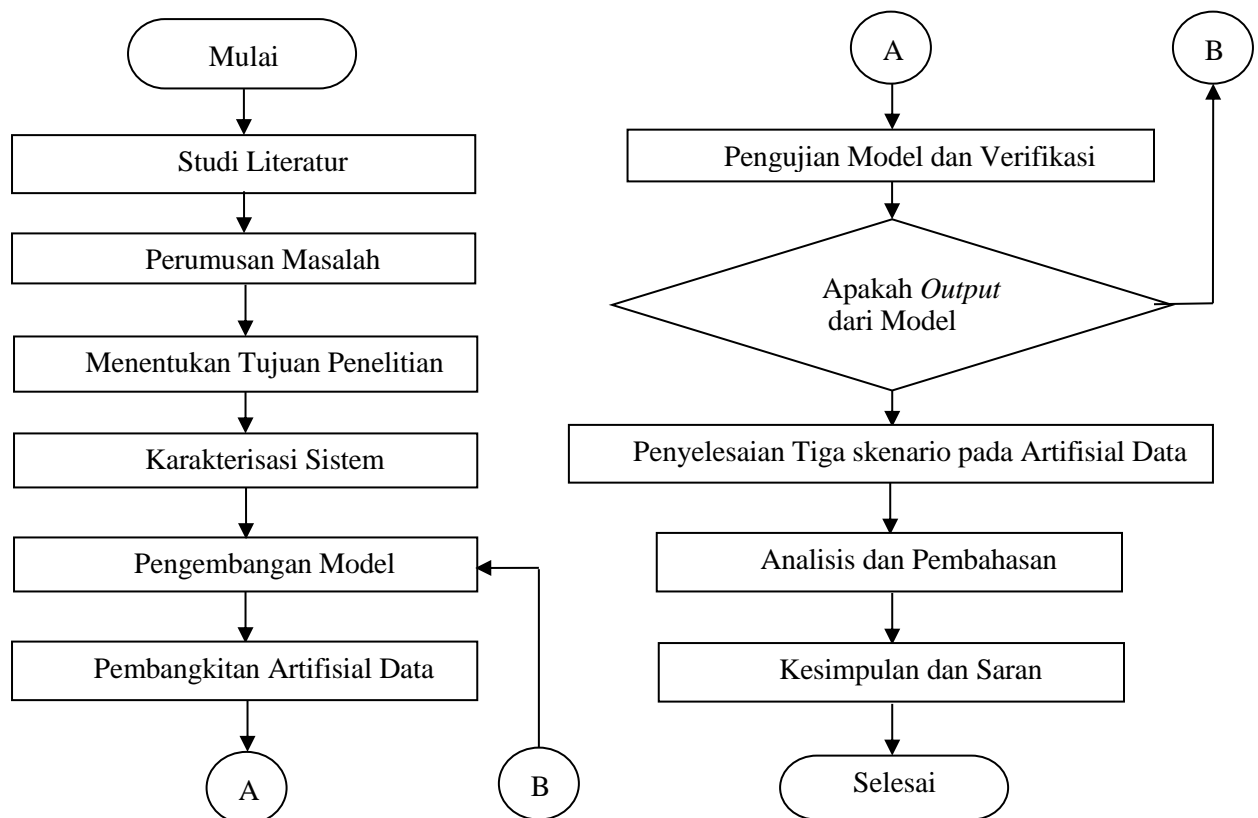
Pada penelitian di atas dapat diketahui bahwa model matematis hanya dibangun pada penelitian yang dilakukan oleh Sexias dan Mendez (2013) dan tanpa memasukkan unsur biaya tetap sehingga sepanjang pengetahuan penulis, penelitian mengenai HVRPMT dengan biaya tetap dan banyak perusahaan mendistribusikan multi produk kepada konsumennya belum pernah dilakukan. Oleh karena itu pada penelitian ini akan dibangun pemodelan matematis untuk *kasus heterogeneous vehicle routing problem with multi-trips dan multi-products* (HVRPMTMP) dengan menggunakan dua skenario. Skenario pertama adalah jika armada dimiliki sendiri sehingga biaya yang dipertimbangkan hanya biaya variabel sedangkan skenario kedua adalah jika armada tidak dimiliki sendiri sehingga timbul biaya tetap untuk sewa kendaraan. Kedua skenario ini juga akan dibandingkan dengan satu skenario jika armada yang digunakan tidak diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute perjalanan (tanpa *multi-trip*)



## 2. Metode Penelitian

Pada penelitian ini akan dibangun model matematika untuk kasus *heterogeneous vehicle routing problem with multi-trips dan multi-products* (HVRPMTMP) dengan mempertimbangkan biaya tetap dan biaya variabel dari kendaraan. Model yang dibangun adalah pengembangan dari *three-index vehicle flow formulation* oleh Golden dkk pada Toth and Vigo (2014) dengan menambahkan satu indeks untuk rute karena kendaraan diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute selama hari kerja. Model yang dibangun berupa *mixed integer linear programming* (MILP) dan akan diselesaikan dengan menggunakan metode eksak *branch and bound* pada solver LINGO 16.0. *Artificial data* akan dibangun untuk 2 skenario dan digunakan sebagai pembahasan.

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Dimulai dari studi literatur tentang HVRP, VRP dengan *multi-trip*, HVRP dengan *multi-trip*. Dari studi literatur kemudian ditemukan celah penelitian yang dirumuskan menjadi permasalahan dalam penelitian ini dan merumuskan tujuan penelitian ini. Setelah didapatkan tujuan penelitian kemudian akan dijabarkan karakteristik dari sistem dan model matematis dibangun berdasarkan karakteristik sistem. Setelah itu, akan dilakukan pembangkitan artifisial data yang menggambarkan karakteristik sistem HVRPMTMP. *Artificial data* ini kemudian digunakan untuk melakukan pengujian pada model dan *output* dari hasil pengujian menggunakan artifisial data ini akan diverifikasi apakah hasil yang didapatkan sudah dapat memenuhi batasan pada model. Jika *output* dari model sudah terverifikasi maka langkah selanjutnya adalah menyelesaikan artifisial data berdasarkan 3 skenario dengan menggunakan metode eksak *branch and bound* pada *solver* LINGO 16.0. Hasil dari solver LINGO 16.0 untuk 3 skenario ini kemudian dianalisis dan setelah itu dilakukan penarikan kesimpulan dan saran untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 1. Tahapan Penelitian

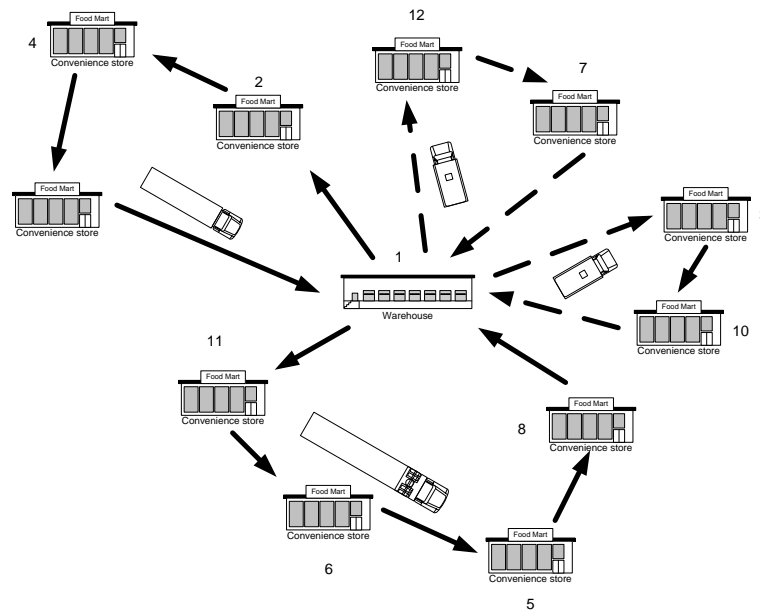


### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a. Karakterisasi Sistem

Sistem yang akan dipelajari dalam penelitian ini adalah sistem dari kasus pendistribusian *heterogeneous vehicle routing problem with multi-trips dan multi-products* (HVRPMTMP) dimana perusahaan mendistribusikan berbagai macam produk (multi produk) kepada konsumennya dengan menggunakan armada yang heterogen di dalam suatu hari kerja. Kendaraan diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute perjalanan selama masih dalam jam kerja. Total demand konsumen tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan dalam satu rute. Semua konsumen harus terlayani dan hanya dikunjungi sekali dalam satu hari kerja. Semua pengiriman dimulai dari depot dan kembali ke depot. Permintaan konsumen dihitung sebagai *volume demand* berdasarkan volume satuan dari produk dan jumlah dari produk yang diminta konsumen. Tujuan dari sistem ini adalah untuk meminimalkan total biaya. Total biaya dapat berupa biaya variabel saja jika kendaraan adalah milik sendiri atau gabungan biaya tetap dan biaya variabel jika kendaraan disediakan oleh pihak ketiga.

Karakteristik dari sistem adalah dinamis karena keputusan selalu dibuat saat periodenya berbeda karena permintaan konsumen berubah pada periode selanjutnya. Sistem termasuk deterministik karena permintaan dan parameter di dalam sistem dapat diketahui secara pasti selama proses perencanaan. Sistem ini juga termasuk sistem diskret karena variabel yang diamati berubah saat waktu-waktu tertentu. Ilustrasi dari sistem HVRPMTMP dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2 Ilustrasi sistem HVRPMTMP

Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa ada 3 jenis kendaraan yang berbeda kapasitas. Masing-masing kendaraan tersedia 1 buah. Kendaraan berkapasitas kecil ditugaskan untuk melakukan dua rute dalam satu hari kerja yaitu dengan mengunjungi konsumen 12 dan 7 kemudian kembali ke depot dan mengunjungi konsumen 3 dan 10. Kendaraan berkapasitas sedang ditugaskan hanya satu rute dengan mengunjungi konsumen 2, 4 dan 9. Kendaraan berkapasitas besar ditugaskan hanya satu rute dengan mengunjungi konsumen 11, 6, 5 dan 3.

#### b. Model Matematika

Didalam teori graph, HVRPMTMP didefinisikan sebagai  $G = (N,A)$  dimana  $N = \{0,1,2,\dots,N\}$  adalah kumpulan dari node, node 0 merupakan depot dan  $A = \{(i,j): i,j \in N, i \neq j\}$  adalah set dari



arc. Kumpulan dari konsumen dinotasikan  $N_0 = N \setminus \{0\}$ , tiap anggota dari kumpulan konsumen mempunyai demad  $Q_i$ . Waktu tempuh dari  $i$  ke  $j$  dinotasikan sebagai  $T_{ij}$ .  $A_i$  adalah jumlah produk  $P$  yang diminta oleh konsumen  $i$ ,  $B_p$  adalah volume satuan dari produk  $P$ .  $k = \{1, 2, \dots, K\}$  adalah kumpulan kendaraan heterogen.  $Cap_k$  adalah kapasitas dari kendaraan  $K$ .  $V_k$  adalah biaya variabel dari kendaraan  $K$  and  $F_k$  adalah biaya tetap dari kendaraan  $K$ .  $T_{max}$  adalah jumlah jam kerja per hari.  $r = \{1, 2, \dots, R\}$  adalah kumpulan rute pada setiap kendaraan  $K$ .  $NRK$  adalah jumlah total kendaraan dan rute yang tersedia.  $C_{ijkr}$  adalah biaya transportasi dari konsumen  $i$  ke konsumen  $j$  menggunakan kendaraan  $K$  pada rute  $R$ .  $Y_{ikr}$  is 1 jika konsumen  $i$  dikunjungi oleh kendaraan  $K$  pada rute  $R$ , bernilai 0 sebaliknya.  $U_{ikr}$  adalah beban pada kendaraan  $K$  pada rute  $R$  setelah mengunjungi konsumen  $i$ .  $X_{ijkr}$  bernilai 1 jika dari konsumen  $i$  ke konsumen  $j$  menggunakan kendaraan  $K$  pada rute ke  $R$ . Model matematika untuk HVRPMTMP adalah sebagai berikut:

Objective function:

Minimize:

$$\sum_{k=1}^K F_k Y_{0k0} + \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R C_{ijkr} X_{ijkr} \quad (5.1)$$

Subject to:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R Y_{ikr} = 1 \quad \forall i \in N \setminus \{0\} \quad (5.2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{r=1}^R Y_{0kr} \leq NRK \quad (5.3)$$

$$\sum_{\substack{j=0 \\ i \neq j}}^N X_{ijkr} = Y_{ikr} \quad \forall i \in N; k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (5.4)$$

$$\sum_{\substack{j=0 \\ i \neq j}}^N X_{jikr} = Y_{ikr} \quad \forall i \in N; k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (5.5)$$

$$\sum_{p=1}^P A_{ip} B_p = Q_i \quad \forall i \in N \quad (5.6)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{0jkr} \geq \sum_{j=1}^n X_{0jkr+1} \quad \forall k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R - 1 \quad (5.7)$$

$$\sum_{i=1}^N Q_i Y_{ikr} \leq Cap_k \quad \forall k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (5.8)$$

$$Q_i \leq U_{ikr} \leq Cap_k \quad \forall i \in N \setminus \{0\}; k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (5.9)$$

$$U_{ikr} - U_{jkr} + Cap_k X_{ijkr} \leq Cap_k - Q_j \quad \forall i, j \in N \setminus \{0\}; i \neq j, k = 1, 2, \dots, K; r = 1, 2, \dots, R \quad (5.10)$$



$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N \sum_{r=1}^R T_{ij} X_{ijkr} \leq T_{max} \quad \forall k = 1, 2, \dots, K \quad (5.11)$$

$$Y_{ikr} \in \{0,1\} \quad \forall i \in N; k = 1, 2, \dots, K, r = 1, 2, \dots, R \quad (5.12)$$

$$X_{ijkr} \in \{0,1\} \quad \forall i, j \in N; k = 1, 2, \dots, K, r = 1, 2, \dots, R \quad (5.13)$$

Fungsi tujuan (5.1) adalah untuk meminimalkan biaya total yaitu biaya tetap dan biaya variabel. Batasan (5.2) memastikan bahwa setiap konsumen hanya dikunjungi sekali. Batasan (5.3) menunjukkan jumlah maksimal kendaraan dan rute yang tersedia. Batasan (5.4) dan (5.5) menunjukkan bahwa kendaraan dan rute yang sama masuk dan keluar pada konsumen yang sama. Batasan (5.6) memastikan bahwa demand konsumen merupakan akumulasi dari volume unit dari produk dikalikan oleh jumlah produk yang dipesan oleh konsumen. Batasan (5.7) menunjukkan bahwa urutan rute dari setiap kendaraan dimulai dari R ke R+1. Batasan (5.8) memastikan bahwa setiap rute tidak melebihi kapasitas kendaraan. Batasan (5.9) dan (5.10) memastikan tidak ada sub-tour. Batasan (5.11) memastikan bahwa jumlah waktu kerja per hari tidak terlanggar. Batasan (5.12) dan (5.13) menunjukkan bahwa variabel keputusan bernilai integer.

### c. Pembangkitan Artifisial Data

Artifisial data dibangkitkan untuk melakukan pengujian pada model yang sudah dibangun dan untuk melakukan verifikasi pada output dari model apakah sudah benar atau tidak dengan karakteristik sistem yang dipelajari. Jumlah konsumen pada artifisial data ini sebanyak 7 konsumen. Waktu kerja per hari adalah 7 jam (420 menit). Permintaan konsumen, spesifikasi kendaraan dan waktu tempuh antar konsumen dapat dilihat pada Tabel 1, Tabel 2 dan Tabel 3 dibawah ini.

Tabel 1 Permintaan Konsumen

Jenis Produk	Volume Unit	Permintaan Konsumen						
		1	2	3	4	5	6	7
A	2	0	0	5	0	5	0	10
B	5	0	1	2	3	4	7	5
C	10	0	2	1	3	2	0	0

Tabel 2 Spesifikasi Kendaraan

	Kapasitas	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Variabel (Rp)
Kendaraan 1	80	1000	200
Kendaraan 2	80	1000	200
Kendaraan 3	250	6000	700

Tabel 3 Waktu Tempuh antar Konsumen (Menit)

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	13	13	13	16	42	64
2	13	0	39	14	14	12	30
3	13	39	0	7	14	5	8



	1	2	3	4	5	6	7
4	13	14	7	0	9	5	5
5	16	14	14	9	0	21	69
6	42	12	5	5	21	0	23
7	64	30	8	5	69	23	0

**d. Pengujian Model dan Verifikasi Output**

Model yang telah dibangun digunakan untuk menyelesaikan kasus HVRPMTMP pada artifisial data yang telah dibangun dengan menggunakan metode eksak *branch and bound* pada *solver* LINGO 16.0 dan output dari LINGO 16.0 kemudian dicek apakah sudah benar atau tidak dengan karakteristik sistem. Hasil dari LINGO 16.0 dapat dilihat dibawah ini dan verifikasi output dapat dilihat pada Tabel 4

- Kendaraan 2 rute 1 melayani konsumen 1 – 6 – 4 – 1
- Kendaraan 2 rute 2 melayani konsumen 1 – 2 – 5 – 1
- Kendaraan 2 rute 3 melayani konsumen 1 – 3 – 7 – 1

Tabel 4 Verifikasi Output LINGO 16.0

	Beban	Kapasitas Kendaraan	Waktu Tempuh (menit)
Kendaraan 2 rute 1	80	80	60
Kendaraan 2 rute 2	75	80	43
Kendaraan 2 rute 3	75	80	85
		Total	188

Dari Tabel 4 dapat kita lihat bahwa output dari LINGO 16.0 memenuhi batasan yang ada pada model yaitu pada output kendaraan dapat membuat lebih dari satu rute perjalanan dalam satu hari kerja, tidak ada muatan yang melebihi kapasitas kendaraan dalam satu rute, semua konsumen terlayani dan dikunjungi sekali dan total waktu tempuh tidak melebihi waktu kerja per hari. Karena output dari model tidak melanggar batasan pada model maka output dari LINGO 16.0 terverifikasi.

**e. Penyelesaian Tiga Skenario pada Artifisial Data**

Pada penelitian ini akan dilakukan tiga skenario. Skenario pertama adalah jika kendaraan tidak diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam waktu satu hari/tanpa *multi-trip* (HVRPMP) dengan armada adalah milik sendiri sehingga hanya biaya variabel yang berpengaruh. Skenario kedua adalah ketika armada diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam waktu satu hari dan armada dimiliki sendiri oleh perusahaan sehingga yang digunakan hanya biaya variabel dan skenario ketiga adalah ketika armada diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dan armada tidak dimiliki sendiri tetapi disediakan oleh pihak ketiga sehingga biaya tetap digunakan bersama dengan biaya variabel.

**i. Skenario Pertama**

Skenario pertama adalah jika kendaraan tidak diijinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam waktu satu hari/tanpa *multi-trip* (HVRPMP) dengan armada adalah milik sendiri sehingga hanya biaya variabel yang berpengaruh. Hasil dari *branch and bound* pada *solver* LINGO 16.0 untuk skenario pertama adalah sebagai berikut

- Kendaraan 2 melayani konsumen 1 – 5 – 1





Kendaraan 3 melayani konsumen 1 – 2 – 6 – 4 – 7 – 3 – 1

Total biaya sebesar Rp 45.600,- Kendaraan yang digunakan adalah kendaraan 2 dan 3 dengan masing-masing kendaraan melakukan perjalanan satu kali.

**ii. Skenario Kedua**

Skenario kedua adalah ketika armada dimiliki sendiri oleh perusahaan sehingga yang menjadi pertimbangan hanya biaya variabel dan kendaraan diijinkan untuk melakukan *multi-trip*. Oleh karena itu biaya tetap pada fungsi tujuan dari model matematis dihilangkan. Hasil dari *branch and bound* pada *solver* LINGO 16.0 untuk skenario pertama adalah sebagai berikut

Kendaraan 1 rute 1 melayani konsumen 1 – 3 – 7 – 1

Kendaraan 1 rute 2 melayani konsumen 1 – 6 – 4 – 1

Kendaraan 2 rute 1 melayani konsumen 1 – 2 – 5 – 1

Total biaya sebesar Rp 37.600,- dan kendaraan yang digunakan sejumlah 2 kendaraan yaitu kendaraan 1 melakukan dua kali perjalanan dan kendaraan 2 melakukan satu kali perjalanan.

**iii. Skenario Ketiga**

Skenario ketiga adalah ketika armada tidak dimiliki sendiri tetapi disediakan oleh pihak ketiga sehingga biaya tetap digunakan bersama dengan biaya variabel. Hasil dari *branch and bound* pada *solver* LINGO 16.0 untuk skenario kedua adalah sebagai berikut

Kendaraan 2 rute 1 melayani konsumen 1 – 6 – 4 – 1

Kendaraan 2 rute 2 melayani konsumen 1 – 2 – 5 – 1

Kendaraan 2 rute 3 melayani konsumen 1 – 3 – 7 – 1

Total biaya sebesar Rp 38.600,- dan kendaraan yang digunakan hanya kendaraan 2 yang melakukan tiga kali perjalanan.

**f. Analisis dan Pembahasan**

Analisis dan Pembahasan dilakukan pada ketiga skenario. Perbandingan hasil dari ketiga skenario dilakukan dengan membandingkan hasil dari skenario pertama dan kedua yaitu HVRPMP tanpa *multi-trip* dan dengan *multi-trip* (HVRPMTMP) dan perbandingan hasil dari skenario kedua dan ketiga yaitu HVRMTMP tanpa biaya tetap (hanya biaya variabel) dan HVRPMTMP dengan biaya tetap dan biaya variabel. Perbandingan hasil dari skenario pertama dan kedua dapat dilihat pada Tabel 5 sedangkan perbandingan hasil dari skenario kedua dan ketiga dapat dilihat pada Tabel 6

Tabel 5 Perbandingan Hasil dari Skenario 1 dan 2

Skenario 1		Skenario 2	
Jumlah Kendaraan	Total Biaya (Rp)	Jumlah Kendaraan	Total Biaya (Rp)
2	45.600	2	37.600

Tabel 6 Perbandingan Hasil dari Skenario 2 dan 3

Skenario 2				Skenario 3			
Jumlah Kendaraan	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Variabel (Rp)	Total Biaya (Rp)	Jumlah Kendaraan	Biaya Tetap (Rp)	Biaya Variabel (Rp)	Total Biaya (Rp)
2	0	37.600	37.600	1	1000	37.600	38.600



Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa dengan mengizinkan kendaraan melakukan lebih dari satu kali rute perjalanan dalam satu hari kerja (dengan *multi-trip*) yang terdapat pada skenario kedua dapat memberikan total biaya yang lebih rendah daripada kendaraan hanya diizinkan melakukan perjalanan satu kali dalam satu hari kerja (tanpa *multi-trip*) pada skenario pertama. Hal ini dikarenakan pada skenario kedua kendaraan yang berkapasitas kecil dan biaya variabelnya kecil (kendaraan 1 dan 2) dapat digunakan lebih dari satu rute sehingga kendaraan besar yang lebih besar biaya variabelnya dapat tidak digunakan untuk mendistribusikan produk. Sementara pada skenario pertama kendaraan yang berkapasitas besar dan biaya variabelnya tinggi (kendaraan 3) digunakan karena kendaraan 1 dan 2 saja tidak cukup untuk membawa total permintaan konsumen dalam satu kali perjalanan.

Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa jika armada dimiliki sendiri oleh perusahaan (skenario kedua) maka jumlah kendaraan yang digunakan dapat lebih banyak karena yang menjadi pertimbangan hanyalah biaya variabel. Biaya variabel untuk kendaraan 1 dan 2 besarnya sama yaitu sebesar 200 sehingga tidak ada pengaruh pada total biaya apakah menggunakan satu kendaraan saja (kendaraan 1 saja atau kendaraan 2 saja) atau menggunakan keduanya (kendaraan 1 dan 2).

Pada skenario ketiga yaitu bahwa jika armada tidak dimiliki sendiri yaitu disediakan oleh pihak ketiga maka terdapat biaya tetap pada masing-masing kendaraan berupa biaya sewa kendaraan. Ketika terdapat biaya tetap maka jumlah kendaraan yang digunakan menjadi lebih sedikit karena yang menjadi pertimbangan dalam perhitungan total biaya adalah biaya tetap dan biaya variabel.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini berhasil membangun mode matematika untuk kasus distribusi *heterogeneous vehicle routing problem with multi-trips dan multi-products* (HVRPMTMP) dengan biaya tetap dan biaya variabel. Model yang dibangun merupakan *mixed integer linear programming* hasil pengembangan dari *three-index vehicle flow formulation* pada VRP dengan menambahkan satu indeks yang menunjukkan rute pada model. Model yang telah dikembangkan ini bersifat general sehingga dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan sejenis.

Pada penelitian ini dibangun 3 skenario. Skenario pertama adalah jika kendaraan tidak diizinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam waktu satu hari/tanpa *multi-trip* (HVRPMP) dengan armada adalah milik sendiri sehingga hanya biaya variabel yang berpengaruh. Skenario kedua adalah ketika armada diizinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam waktu satu hari dan armada dimiliki sendiri oleh perusahaan sehingga yang menjadi pertimbangan hanya biaya variabel dan skenario ketiga adalah ketika armada diizinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dan armada tidak dimiliki sendiri tetapi disediakan oleh pihak ketiga sehingga biaya tetap digunakan bersama dengan biaya variabel.

Dari perbandingan hasil antara skenario pertama dan kedua didapatkan bahwa jika kendaraan diizinkan untuk melakukan lebih dari satu rute dalam satu hari kerja (dengan *multi-trip*) maka total biaya dapat diturunkan dari Rp 45.600,- menjadi Rp 37.600,- karena kendaraan berkapasitas kecil dan biaya variabelnya rendah digunakan lebih dari satu rute sehingga kendaraan berkapasitas besar dan biaya variabelnya tinggi dapat tidak digunakan. Dari hasil perbandingan antara skenario kedua dan ketiga dapat dilihat bahwa jika terdapat biaya tetap maka jumlah kendaraan yang digunakan dapat menjadi lebih sedikit.

Untuk penelitian selanjutnya dapat dibuat model dengan tambahan *time-windows* atau diberikan batasan bahwa jika konsumen berada didalam kota maka hanya kendaraan kecil saja yang dapat digunakan (dalam konteks *city logistic*).

#### Daftar Pustaka

Baldacci, R., Battara, M., and Vigo, D., 2008, Routing a Heterogeneous Fleet of Vehicles, *The Vehicle Routing Problem: Latest Advances and New Challenges*, pp. 1-25.



- Cruz, J.C., Grasas, A., Ramalhinho, H., and Juan, A.A. 2014, A Saving-Based Randomized Heuristic for the Heterogeneous Fixed Fleet Vehicle Routing Problem with Multi-Trips, *Journal of Applied Operational Research*, 2014, pp. 69-81.
- Gendreau, M., Potvin, J.Y., Braysy, O., Hasle, G. and Lokketangen, A., 2007, Metaheuristic for the Vehicle Routing Problem and its Extension: A Categorized Bibliography, *CIRRELT*.
- Koç, C., Bektas, T., Jabali, O., and Laporte, G., 2015, Thirty Years of Heterogeneous Vehicle Routing, *European Journal of Operational Research*, 2015, pp. 1-21.
- Laporte, G., 1992, The Vehicle Routing Problem: An Overview of Exact and Approximate Algorithms, *European Journal of Operations Research*, 59, pp. 345-358.
- Prins, C., 2002, Efficient Heuristics for the Heterogeneous Fleet Multitrip VRP with Application to a Large-Scale Real Case, *Journal of Mathematical Modelling and Algorithms*, 1, pp. 135-150.
- Sexias, M.P. and Mendes, A.B., 2013, Column Generation for a Multitrip Vehicle Routing Problem with Time Windows, Drivers Work Hours and Heterogenous Fleet, *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, pp. 1-13.
- Toth, P., and Vigo, D., 2014, *Vehicle Routing: Problems, Methods, and Applications*, Mathematical Optimization Society and Society for Industrial and Applied Mathematics (MOS-SIAM) series in optimization, Philadelphia.
- Tseng, Y.-y., Yue, W.L., and Taylor, M.A., 2005, The Role of Transportation in Logistics Chain, *Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 5, pp. 1657-1672.



## Algoritma *Cross Entropy* untuk Penentuan Rute Kendaraan dengan Penjemputan dan Pengantaran yang Mempertimbangkan Jendela Waktu dan Durasi Maksimum

**Andriansyah, Suhendrianto, Prima Denny Sentia**

Program Studi Teknik Industri, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,  
Universitas Syiah Kuala  
Darussalam, Banda Aceh, 23111, Telp. (0651)7552222  
E-mail: andriansyah@unsyiah.ac.id

### Intisari

Permasalahan dalam penelitian ini adalah penentuan rute kendaraan dengan penjemputan dan pengantaran yang mempertimbangkan jendela waktu dan durasi maksimum (MRKJAJWDM) yang sering terdapat pada perusahaan yang bergerak dalam bidang jasa kurir dengan layanan door-to-door. Layanan tersebut merupakan layanan penjemputan dan pengantaran barang di hari yang sama dari satu lokasi ke lokasi yang lain. Setiap kendaraan yang melakukan perjalanan memiliki durasi maksimum dimana pada waktu yang telah ditentukan, kendaraan harus kembali ke depot asalnya. Secara analitik, model Integer Linear Programming (ILP) berbasis dua indeks diselesaikan dengan algoritma Branch-and-Bound (B-and-B) menggunakan perangkat lunak optimisasi. Algoritma B-and-B membutuhkan waktu yang sangat lama untuk mendapatkan solusi global optimum karena merupakan salah satu metode pemecahan secara analitik. Pada penelitian ini telah dikembangkan algoritma Cross Entropy (CE) sebagai algoritma pembanding untuk menyelesaikan permasalahan dengan skala besar karena penyelesaian secara analitik membutuhkan waktu penyelesaian yang sangat lama. Algoritma CE yang dikembangkan mampu menyelesaikan beberapa data dengan solusi yang sama dengan solusi global optimum yang didapatkan oleh algoritma B-and-B. Secara rata-rata, gap kualitas solusi algoritma CE dan B-and-B adalah 0,18% untuk data 20 lokasi pelanggan dengan kecepatan 150,98 kali lebih baik dan 0,00% untuk data 40 lokasi pelanggan dengan kecepatan 56,12 kali lebih baik.

*Kata kunci: MRKJAJWDM, ILP, Branch-and-Bound, Cross Entropy*

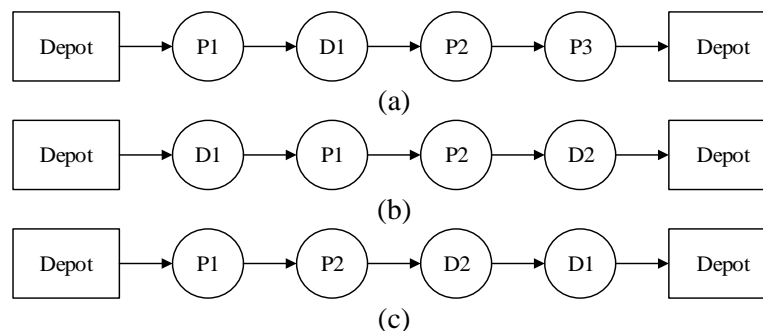
### 1. Pendahuluan

Transportasi merupakan salah satu komponen yang penting dalam keilmuan *Supply Chain Management* (SCM). Sama halnya dengan komponen-komponen yang lain, untuk mendapatkan jaringan SCM yang efektif dan efisien, biaya yang berhubungan dengan transportasi juga harus diminimalisir. Salah satu permasalahan yang menjadi kajian dalam transportasi adalah Masalah Rute Kendaraan (MRK) atau *Vehicle Routing Problem* (VRP). MRK merupakan salah satu permasalahan dalam bidang distribusi dan transportasi yang bertujuan untuk mendapatkan biaya transportasi minimum. Salah satu cara untuk meminimumkan biaya tersebut adalah dengan membentuk rute-rute kendaraan yang optimum. Dalam beberapa dekade, permasalahan ini terus berkembang dengan berbagai varian, misalnya MRK dengan jendela waktu (*time windows*), MRK dengan penjemputan dan pengantaran (*pickup and delivery*) dan beberapa varian lainnya (Toth & Vigo, 2014).

Penelitian ini akan membahas masalah salah satu varian MRK yang sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Varian ini dapat ditemukan pada perusahaan-perusahaan yang bergerak dalam bidang transportasi khususnya perusahaan dengan layanan *door-to-door*. Varian ini adalah



penentuan rute kendaraan dengan penjemputan dan pengantaran yang mempertimbangkan jendela waktu dan durasi maksimum (MRKJAJWDM) atau *Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery and Time Windows* (VRPPDTW). Permasalahan ini dapat didefinisikan sebagai berikut: terdapat himpunan lokasi pelanggan yang memiliki karakteristik lokasi penjemputan dan lokasi pengantaran dengan jumlah yang sama. Lokasi-lokasi ini memiliki informasi mengenai jumlah barang yang akan diangkut, diantar dan rentang waktu untuk melakukan pelayanan, serta waktu yang dibutuhkan untuk pelayanan tersebut. Lokasi depot merupakan lokasi awal keberangkatan kendaraan yang akan ditugaskan untuk mengunjungi semua lokasi pelanggan. Setiap kendaraan yang ditugaskan hanya akan melayani pelanggan tepat satu kali. Setiap kendaraan memiliki kapasitas maksimum yang tidak boleh dilanggar dan kendaraan yang ditugaskan harus kembali ke depot pada waktu yang telah ditentukan. Ada dua pembatas yang menjadi ciri khas dari varian ini yaitu pembatas *pairing* dan pembatas *precedence*. Pembatas *pairing* membatasi dalam satu solusi rute, harus terdapat lokasi penjemputan dan pasangannya (lokasi pengantaran) dimana barang akan dikirimkan. Pembatas *precedence* membatasi dalam satu solusi rute lokasi penjemputan harus dilayani terlebih dahulu sebelum lokasi pasangannya. Sebagai ilustrasi, Gambar 1 menjelaskan solusi yang memenuhi pembatas ini, P1 adalah lokasi penjemputan 1, P2 adalah lokasi penjemputan 2, D1 adalah lokasi pengantaran 1, D2 adalah lokasi pengantaran 2. Lokasi P1 akan mengirimkan barangnya ke lokasi D1, dan lokasi P2 akan mengirimkan barangnya ke lokasi D2. Beberapa penelitian yang telah membahas masalah MRKJAJWDM adalah Berbeglia et al. (2007), Parragh et al. (2008a), dan Parragh et al. (2008b) yang melakukan survei serta klasifikasi terhadap MRKJAJWDM.



Gambar 1. (a) Rute yang tidak memenuhi pembatas *pairing*. (b) Rute yang tidak memenuhi pembatas *precedence* (c) Rute yang memenuhi pembatas *pairing* dan *precedence*

Sebagai generalisasi permasalahan *Pickup and Delivery Problem* (PDP), MRKJAJWDM dapat diformulasikan dalam bentuk dua indeks dan tiga indeks. Ropke & Cordeau (2009), Battarra et al. (2010) dan Cherkesly et al. (2014) mengembangkan formulasi dalam bentuk tiga indeks. Lu & Dessouky (2004), Benavent et al. (2015) dan Furtado et al. (2015) mengembangkan formulasi dalam bentuk dua indeks. Keunggulan dari formulasi dalam bentuk dua indeks berdasarkan penelitian-penelitian tersebut adalah komputasi yang lebih singkat jika diselesaikan secara analitik. Furtado et al. (2015) melakukan perbandingan model matematis yang dikembangkannya dengan model matematis Battarra et al. (2010) dan model matematis Lu & Dessouky (2004) dimana model matematis yang dikembangkannya memiliki performansi yang lebih baik, jika diselesaikan secara analitik. Penelitian serupa juga telah dilakukan oleh Baldacci et al. (2011) yang mengembangkan algoritma *Branch-and-Cut-and-Price*. Algoritma tersebut merupakan salah satu algoritma analitik yang memiliki efisiensi lebih bagus daripada algoritma *B-and-B*.

Formulasi matematis yang digunakan dalam penelitian ini adalah formulasi yang dikembangkan oleh Furtado et al. (2015). Formulasi ini akan diselesaikan secara analitik menggunakan algoritma *B-and-B* yang ada pada perangkat lunak optimisasi. Untuk permasalahan skala besar, algoritma *B-and-B* membutuhkan waktu komputasi yang relatif sangat lama untuk mencapai solusi yang global optimum. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dikembangkan

satu algoritma metaheuristik untuk memecahkan permasalahan tersebut yaitu algoritma *Cross Entropy* (CE). Ada beberapa penelitian yang mengembangkan algoritma metaheuristik untuk permasalahan serupa, Bent & Hentenryck (2006) mengembangkan algoritma *Simulated Annealing-Large Neighborhood Search* (SA-LNS) dan Hosny (2011) yang membandingkan algoritma SA dan *Genetic Algorithm* (GA).

CE merupakan algoritma metaheuristik yang relatif baru yang dapat menunjukkan performansi yang bagus untuk memecahkan permasalahan kombinatorial (Santosa & Aminuddin, 2012). Chepuri dan Homem-De-Mello (2005) mengembangkan algoritma CE untuk menyelesaikan kasus VRP dengan karakteristik permintaan stokastik. Berdasarkan literatur, belum ada penelitian yang mengembangkan algoritma CE untuk permasalahan MRKJAJWDM. Algoritma ini sangat bergantung pada solusi sampel yang dibangkitkan. Semakin banyak sampel maka akan meningkatkan waktu komputasinya. Pada penelitian ini solusi yang didapatkan oleh algoritma CE akan dibandingkan dengan solusi yang didapatkan algoritma B-and-B yang bersifat global optimum. Dengan perbandingan tersebut dapat dilihat bahwa algoritma CE memiliki performansi yang bagus baik dari segi kualitas solusi maupun waktu komputasi.

## 2. Metodologi

### 2.1. Definisi Masalah

Terdapat sebuah jaringan  $G = (V, A)$ , dimana  $V = P \cup D \cup \{0, 2n + 1\}$  yang merupakan himpunan lokasi pemberhentian.  $P = \{1, \dots, n\}$  adalah himpunan lokasi pelanggan penjemputan,  $D = \{n + 1, \dots, 2n\}$  adalah himpunan lokasi pelanggan pengantaran dan  $\{0, 2n + 1\}$  adalah depot.  $A$  merupakan himpunan busur  $(i, j)$  antara setiap pasangan lokasi  $(i, j) \in V$ . Busur  $(i, j) \in A$  yang terhubung menyatakan jarak lokasi  $i$  dan lokasi  $j$  ( $d_{ij}$ ), dan durasi perjalanan ( $t_{ij}$ ). Untuk setiap permintaan pelanggan, terdapat beban barang yang harus dijemput di lokasi  $i \in P$  dan harus diantarkan ke lokasi  $(i + n) \in D$ . Pada penelitian ini dinotasikan  $q_i > 0$  untuk beban yang dijemput di lokasi pelanggan  $i \in P$  dan  $q_{i+n} = -q$  untuk beban yang dikirim ke lokasi  $(i + n) \in D$ , serta  $q_i = 0$  jika  $i \in \{0, 2n + 1\}$ . Setiap kendaraan yang digunakan memiliki kapasitas maksimum  $Q$  dan durasi maksimum  $T$  yang tidak boleh dilanggar. Setiap lokasi pelanggan mempunyai rentang waktu pelayanan  $[e_i, l_i]$  dan waktu pelayanan  $s_i$  yang dibutuhkan kendaraan. Fungsi tujuan dari MRKJAJWDM adalah menemukan solusi dengan biaya minimum yang diwakili oleh jarak.

Notasi-notasi yang digunakan untuk model matematis pada MRKJAJWDM adalah terdiri dari indeks model, himpunan model, parameter model, variabel keputusan model dan kriteria performansi. Notasinya adalah sebagai berikut:

Indeks model:

$i$  dan  $j$  = Indeks lokasi

Himpunan-himpunan model:

$V$  = Himpunan semua lokasi pemberhentian.

$A$  = Himpunan busur.

$P$  = Himpunan lokasi penjemputan.

$D$  = Himpunan lokasi pengantaran.

Parameter-parameter model:

$d_{ij}$  = Jarak antara lokasi  $i$  dan lokasi  $j$  (km).

$t_{ij}$  = Waktu tempuh antara lokasi  $i$  dan lokasi  $j$  (menit).

$s_i$  = Waktu yang dibutuhkan untuk melayani pelanggan  $i$  (menit).

$e_i$  = Jam buka pelayanan pada lokasi pelanggan  $i$  (menit).

$l_i$  = Jam tutup pelayanan pada lokasi pelanggan  $i$  (menit).

$T$  = Durasi maksimum kendaraan yang melakukan perjalanan (menit).



- $q_i$  = Permintaan/muatan barang oleh pelanggan  $i$  (kg).  
 $Q$  = Kapasitas maksimum kendaraan (kg).  
 $M$  = Bilangan yang sangat besar (tanpa satuan).  
 $n$  = Jumlah pemesanan (tanpa satuan).

Variabel keputusan model:

- $A_i$  = Waktu dimulainya pelayanan pada pelanggan  $i$  (menit).  
 $W_i$  = Jumlah muatan kendaraan ketika berada di lokasi  $i$  (kg).  
 $v_i$  = Pengindeks rute kendaraan yang mengunjungi lokasi  $i$  (tanpa satuan).  
 $x_{ij}$  = Variabel keputusan yang bernilai 1 jika busur  $(i,j)$  dilalui oleh kendaraan dan 0 jika sebaliknya.

Kriteria performansi model:

- $Z$  = Total jarak perjalanan

Model matematis MRKJAJWDM dapat diformulasikan menggunakan dua indeks. Formulasi model dalam penelitian ini menggunakan dasar model matematis Furtado et al. (2015).

Meminimumkan:

$$Z = \sum_{(i,j) \in A} d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

Dengan pembatas:

$$\sum_{i \in V} x_{ij} \quad \forall j \in P \cup D \quad (2)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij} \quad \forall i \in P \cup D \quad (3)$$

$$A_j \geq A_i + s_i + t_{ij} - M(1 - x_{ij}) \quad \forall i \in V, \forall j \in V \quad (4)$$

$$W_j \geq W_i + q_j - M(1 - x_{ij}) \quad \forall i \in V, \forall j \in V \quad (5)$$

$$W_i = 0 \quad \forall i \in \{0, 2n + 1\} \quad (6)$$

$$e_i \leq A_i \leq l_i \quad \forall i \in P \cup D \quad (7)$$

$$A_i + s_i + t_{ij}(x_{ij}) \leq T \quad \forall i \in V, \forall j \in \{0, 2n + 1\} \quad (8)$$

$$\max\{0, q_i\} \leq W_i \leq \min\{Q, Q + q_i\} \quad \forall i \in V \quad (9)$$

$$A_{n+i} \geq A_i + s_i + t_{i,n+i} \quad \forall i \in P \quad (10)$$

$$v_{n+i} = v_i \quad \forall i \in P \quad (11)$$

$$v_j \geq j \cdot x_{ij} \quad \forall i \in \{0, 2n + 1\}, \forall j \in P \cup D \quad (12)$$

$$v_j \leq j \cdot x_{ij} - n(x_{ij} - 1) \quad \forall i \in \{0, 2n + 1\}, \forall j \in P \cup D \quad (13)$$

$$v_j \geq v_i - n(x_{ij} - 1) \quad \forall j \in P \cup D \quad (14)$$

$$v_j \leq v_i - n(1 - x_{ij}) \quad \forall j \in P \cup D \quad (15)$$

$$x_{ij} \in \{0, 1\} \quad \forall i \in V, \forall j \in V \quad (16)$$



Persamaan (1) adalah fungsi tujuan. Persamaan (2) dan (3) memastikan bahwa setiap lokasi dikunjungi hanya sekali. Persamaan (4), (5), dan (6) memastikan kekonsistenan variabel yang berhubungan dengan waktu dan variabel yang berhubungan dengan muatan dengan  $M$  adalah bilangan positif yang sangat besar. Jendela waktu dan durasi maksimum rute tidak boleh dilanggar yang ditunjukkan pada persamaan (7) dan (8). Persamaan (9) memastikan rute yang terbentuk tidak akan melanggar kapasitas kendaraan. Selain itu persamaan (4) dan (7) menjamin tidak terjadi subtur pada solusi. Persamaan (10) memastikan model tidak melanggar batasan *precedence*. Persamaan (11)-(15) memastikan model tidak melanggar batasan *pairing*. Pembatas (16) merupakan variabel biner yang bernilai 0 dan 1. Dalam penelitian ini, model matematis telah dimodifikasi dari model matematis Furtado et al. (2015) untuk menyesuaikan kasus dalam penelitian ini, formulasi yang ditambahkan adalah formulasi untuk pembatas (6).

## 2.2. Algoritma Cross Entropy

Pada awalnya, metode CE merupakan alat untuk mengestimasi probabilitas kejadian langka dalam suatu jaringan stokastik yang kompleks dengan penerapan algoritma adaptif yang meminimasi variansi (Rubinstein, 1997). Dari penelitian Rubinstein (1999) dan Rubinstein (2001) disadari bahwa sebuah modifikasi sederhana terhadap metode CE dapat digunakan pula untuk menyelesaikan permasalahan optimasi kombinatorial. Hal ini dilakukan dengan menerjemahkan masalah optimasi deterministik ke dalam masalah optimasi stokastik dan kemudian menggunakan teknik simulasi kejadian langka seperti pada Rubinstein (1997). Metode CE melibatkan sebuah prosedur iterasi dimana setiap iterasi dapat dibagi ke dalam dua fase. Fase pertama adalah membangkitkan sampel data secara random baik berupa rute dan vektor sesuai dengan mekanisme yang ditentukan. Fase kedua adalah memperbaharui parameter dari mekanisme random berdasarkan data sampel elit untuk menghasilkan sampel yang lebih baik untuk iterasi berikutnya. Sampel elit adalah berapa persen sampel terbaik dari sampel keseluruhan yang kita pilih untuk memperbaiki parameter yang digunakan dalam permasalahan yang diselesaikan (Santosa & Willy, 2011). Signifikansi dari algoritma CE adalah bahwa algoritma ini mendefinisikan kerangka kerja matematika yang tepat untuk memperoleh suatu “*learning rules*” yang cepat dan optimal, berdasarkan *advanced simulation theory*.

## 2.3. Algoritma CE untuk MRKJAJWDM

Pada bagian ini akan dijabarkan langkah-langkah algoritma CE untuk MRKJAJWDM. Notasi yang digunakan untuk algoritma sama dengan notasi yang digunakan pada model matematis dengan penambahan sebagai berikut:

- $N$  = Ukuran sampel.
- $\alpha$  = Parameter *smoothing*
- $\rho$  = Proporsi sampel elit.
- $\theta$  = Kriteria berhenti.
- $B$  = Matriks transisi probabilitas.
- $T_{ij}$  = Peluang transisi dari titik  $i$  ke titik  $j$ .

Berdasarkan literatur, algoritma CE untuk kasus kombinatorial dalam permasalahan transportasi telah dikembangkan oleh Santosa & Aminuddin (2012) untuk *Traveling Repairman Problem* (TRP). Berikut ini adalah langkah-langkah algoritma CE untuk MRKJAJWDM:

L1: Inisialisasi Parameter ( $N, \alpha, \rho, \theta$ )

L2: Membangkitkan matriks transisi probabilitas ( $B$ ) sebanyak  $n \times n$  menggunakan persamaan (17).





$$B_{ij} = \begin{cases} \frac{1}{n-1} & \forall i, j \in V, \forall i \neq j \\ 0 & \forall i, j \in V, \forall i = j \end{cases} \quad (17)$$

Misal  $n = 5$ , maka

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ 0,25 & 0 & 0,25 & 0,25 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0 & 0,25 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0 & 0,25 \\ 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0,25 & 0 \end{bmatrix}$$

L3: Membangkitkan sampel solusi berdasarkan matriks  $B$  sebanyak  $N$ .

L3.1: Bentuk rute awal titik  $i$  dimana  $i \in 0, 2n + 1$ .

L3.2: Buat semua baris, kolom  $i \in 0, 2n + 1$  menjadi 0 karena sudah masuk dalam rute.

L3.3: Untuk titik pertama peluang  $i$  yang dimasukkan hanya  $i \in P$ . Untuk semua baris, kolom  $i \in D$  pada matriks  $B$  dibuat jadi 0, karena tidak ada peluang dilayani untuk titik pertama. Lanjut ke L3.5.

L3.4: Masukkan  $i \in P \cup D$  secara iteratif ke dalam rute awal.

L3.5: Untuk  $i \in P$ , periksa kendala kapasitas, jendela waktu, durasi maksimum, untuk  $i \in D$ , ditambah dengan memeriksa kendala *pairing* dan *precedence*, jika semua memenuhi lanjut ke L3.6, jika salah satu tidak memenuhi, kolom  $i$  semua baris dibuat menjadi 0 pada matriks  $B$ , kemudian kembali ke L3.4. Jika semua titik yang dimasukkan tidak memenuhi, kembali ke L3.1.

L3.6: Normalisasi matriks transisi probabilitas  $B$ . Misal peluang dimasukkan titik  $i = 2$  adalah 0, maka hasil normalisasinya,

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0 & 0 & 0,33 & 0,33 & 0,33 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 & 0,5 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0,5 & 0 \end{bmatrix}$$

L3.7: Bangkitkan bilangan random  $r = [0,1]$ , tetapkan titik  $i$  yang akan dipilih berdasarkan bilangan tersebut. Pemilihan  $i$  berdasarkan matriks komulatif  $B$ . Misal  $r = 0,7$  pada baris kedua matriks  $B$  dipilih kolom keempat sebagai  $i$  terpilih.

$$B = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0,33 & 0,66 & 1 \\ 0 & 0 & 0,33 & 0,66 & 0,1 \\ 0 & 0 & 0 & 0,5 & 1 \\ 0 & 0 & 0,5 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0,5 & 1 & 0 \end{bmatrix}$$

L3.8: Buat semua baris kolom  $i$  yang terpilih pada matriks  $B$  menjadi 0 karena sudah masuk ke dalam rute.

L3.9: Lakukan sampai semua  $i \in V$  terlayani. Kembali ke L3.4.

L4: Hitung fungsi tujuan untuk semua solusi sampel.

L5: Urutkan fungsi tujuan yang telah dihitung.

L6: Ambil sampel elit sebanyak  $\rho$  dari jumlah sampel yang dibangkitkan berdasarkan nilai urutan fungsi tujuannya.

L7: Perbaharui matriks  $B$  berdasarkan sampel elit tersebut menggunakan persamaan (19).



$$W = \left\lceil \frac{\text{Total } T_{ij}}{\rho \times N} \right\rceil \quad (18)$$

$$B' = \alpha W + (1 - \alpha)B \quad (19)$$

L8: Periksa kriteria berhenti  $\theta$ . Jika belum mencapai  $\theta$  kembali ke L3. Jika sudah lanjut ke L9.  
 L9: Berhenti.

#### 2.4. Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data yang telah dimodifikasi dari Li & Lim (2001) oleh Benavent et al. (2015). Modifikasi yang dilakukan adalah dengan mengurangi jumlah lokasi menjadi 20, 30, 40, 50 dan 60 lokasi pelanggan. Namun, dalam penelitian ini hanya akan digunakan data random dengan jumlah lokasi 20 dan 40 saja. Tabel 1 menjelaskan karakteristik data yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 1. Karakteristik data

Lokasi Pelanggan	Jendela Waktu Sempit	Jendela Waktu Lebar
Random	LR1	LR2

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Hasil Uji Coba

Model matematis yang telah digunakan akan diimplementasikan ke dalam Lingo 11.0. Lingo 11.0 merupakan perangkat lunak optimisasi yang dapat menyelesaikan permasalahan ILP. Algoritma yang digunakan adalah *B-and-B*. Untuk algoritma CE yang dikembangkan diimplementasikan ke dalam bahasa pemrograman Matlab 2015a. Uji coba dilakukan pada komputer dengan spesifikasi: processor Intel® Core™ i7-3770S CPU @ 3.10GHz (8CPUs), 3.1 GHz, 8GB RAM, dan *system type* 64 bit. Dalam penelitian ini, hasil algoritma CE akan dibandingkan dengan hasil algoritma *B-and-B* yang bersifat global optimum. *Running time* dari perangkat lunak Lingo 11.0 dibatasi selama satu jam. Nilai parameter algoritma CE yang digunakan adalah berdasarkan *trial and error*, yaitu:  $N = 100$ ,  $\alpha = 0,87$ ,  $\rho = 25\%$ ,  $\theta = 10$ . Tabel 2 dan Tabel 3 menunjukkan hasil *running* tersebut. Tabel terbagi ke dalam empat kolom, kolom pertama merupakan tipe data yang digunakan. Kolom kedua dan kolom ketiga merupakan hasil *running* algoritma *B-and-B* dan algoritma CE. Kolom kedua dan kolom ketiga terbagi lagi menjadi tiga sub kolom, yaitu jumlah kendaraan yang dibutuhkan (Veh.), fungsi tujuan yang dihasilkan (Obj.) dan waktu komputasi untuk menyelesaikan data dalam detik (Sec.). Kolom keempat adalah perbandingan hasil algoritma *B-and-B* dengan algoritma CE yang terbagi menjadi dua sub kolom. Sub kolom pertama adalah perbandingan kualitas solusi (*gap*) yang didapatkan dengan persamaan (Obj. CE – Obj. *B-and-B*)/Obj. *B-and-B*. Sedangkan sub kolom kedua adalah perbandingan waktu untuk mendapatkan solusi dengan algoritma *B-and-B* dan waktu untuk mendapatkan solusi menggunakan algoritma CE yang dapat dihitung dengan persamaan Sec. *B-and-B* /Sec. CE. Performa waktu yang dimaksud misalnya dalam kolom *time* terdapat angka 2, artinya adalah kecepatan algoritma CE dua kali lebih cepat dibandingkan algoritma *B-and-B*.

Dari Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dilihat bahwa jumlah data dengan solusi global optimum adalah 29 data dari 46 data. Untuk data yang tidak menghasilkan solusi global optimum dikosongkan karena tidak dapat dibandingkan. Selain itu untuk beberapa data, algoritma *B-and-B* tidak menghasilkan solusi sama sekali selama satu jam. Pada dasarnya untuk mencari solusi menggunakan perangkat lunak Lingo 11.0 membutuhkan waktu yang cukup lama karena penyelesaiannya secara analitik terlebih lagi MRKJAJWDM merupakan permasalahan NP-hard.

Dari hasil Tabel 2 dan Tabel 3 dapat dilihat bahwa secara rata-rata *gap* yang dihasilkan antara algoritma *B-and-B* dan CE hanya 0,18% untuk data 20 lokasi pelanggan, dan 0,00% untuk data 40 lokasi pelanggan. Percobaan yang dilakukan untuk mendapatkan solusi pada algoritma CE adalah sebanyak lima



kali. Hasil yang dilaporkan merupakan hasil terbaik dari lima kali percobaan tersebut. Selain gap dapat dilihat juga bahwa algoritma CE memiliki keunggulan waktu komputasi yang lebih singkat dari algoritma B-and-B untuk mendapatkan solusi dari setiap data set. Dengan waktu *running* satu jam algoritma CE mampu menghasilkan solusi untuk semua data, sedangkan algoritma B-and-B tidak mampu menghasilkan solusi sama sekali untuk beberapa data.

Tabel 2. Perbandingan solusi B-and-B dan CE untuk data 20 lokasi pelanggan

Data	B-and-B			CE			B-and-B vs CE	
	Veh.	Obj.	Sec.	Veh.	Obj.	Sec.	Gap (%)	Time
LR1_20_01	7	434	1	7	434	0,50	0,00	2,00
LR1_20_02	6	427	2	6	427	0,58	0,00	3,45
LR1_20_03	5	311	135	5	311	2,90	0,00	46,55
LR1_20_04	3	325	2600	3	325	3,40	0,00	764,71
LR1_20_05	5	470	1	5	470	0,56	0,00	1,79
LR1_20_06	5	453	40	5	453	0,74	0,00	54,05
LR1_20_07	5	434	19	5	449	1,00	3,46	19,00
LR1_20_08	3	398	2001	3	398	1,80	0,00	1111,67
LR1_20_09	6	510	3	6	510	1,12	0,00	2,68
LR1_20_10	3	272	20	3	272	1,38	0,00	14,49
LR1_20_11	3	335	32	3	335	2,00	0,00	16,00
LR1_20_12	3	373	1743	3	373	2,16	0,00	806,94
LR2_20_01	3	392	1	3	392	2,01	0,00	0,50
LR2_20_02	2	489	10	2	489	7,90	0,00	1,27
LR2_20_03	-	-	-	1	457	41,00	-	-
LR2_20_04	-	-	-	1	373	142,00	-	-
LR2_20_05	2	481	20	2	481	8,00	0,00	2,50
LR2_20_06	2	381	132	2	381	16,10	0,00	8,20
LR2_20_07	-	-	-	1	396	40,80	-	-
LR2_20_08	-	-	-	1	366	245,70	-	-
LR2_20_09	2	362	105	2	362	20,00	0,00	5,25
LR2_20_10	2	446	35	2	446	9,14	0,00	3,83
LR2_20_11	1	304	109	1	304	29,37	0,00	3,71
<b>Rata-rata</b>							0,18	150,98

Tabel 3. Perbandingan solusi B-and-B dan CE untuk data 40 lokasi pelanggan

Data	B-and-B			CE			B-and-B vs CE	
	Veh.	Obj.	Sec.	Veh.	Obj.	Sec.	Gap (%)	Time
LR1_40_01	11	868	4,00	11	868	1,03	0,00	3,88
LR1_40_02	-	-	-	9	703	2,31	-	-
LR1_40_03	9	744	5,00	9	744	1,98	0,00	2,53
LR1_40_04	-	-	-	6	547	8,36	-	-
LR1_40_05	-	-	-	11	830	1,40	-	-
LR1_40_06	7	661	40,00	7	661	2,40	0,00	16,67
LR1_40_07	-	-	-	7	725	3,14	-	-
LR1_40_08	6	500	231,00	6	500	5,30	0,00	43,58
LR1_40_09	7	671	1056,00	7	671	2,21	0,00	477,83
LR1_40_10	-	-	-	8	597	4,07	-	-
LR1_40_11	6	553	390	6	553	5,47	0,00	71,30
LR1_40_12	-	-	-	5	508	8,30	-	-
LR2_40_01	4	815	300,00	4	815	5,24	0,00	57,25



Data	B-and-B			CE			B-and-B vs CE	
	Veh.	Obj.	Sec.	Veh.	Obj.	Sec.	Gap (%)	Time
LR2_40_02	-	-	-	3	731	63,81	-	-
LR2_40_03	-	-	-	3	601	146,42	-	-
LR2_40_04	-	-	-	2	705	430,81	-	-
LR2_40_05	2	667	3500	2	667	55,97	0,00	62,53
LR2_40_06	-	-	-	2	578	64,37	-	-
LR2_40_07	-	-	-	2	617	279,10	-	-
LR2_40_08	-	-	-	2	559	763,00	-	-
LR2_40_09	3	608	1004,00	3	608	68,50	0,00	14,66
LR2_40_10	-	-	-	3	685	48,42	-	-
LR2_40_11	2	598	3560,00	2	598	100,29	0,00	35,50
<b>Rata-rata</b>							0,00	56,12

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Permasalahan dalam penelitian ini dikenal dengan MRKJAJWDM atau penentuan rute kendaraan dengan penjemputan dan pengantaran yang mempertimbangkan jendela waktu, dan durasi maksimum rute. Dalam penelitian ini telah dikembangkan algoritma metaheuristik untuk penyelesaian kasus skala besar dimana tidak mampu diselesaikan secara analitik. Algoritma yang dikembangkan adalah algoritma *Cross Entropy* yang bekerja berdasarkan matriks transisi probabilitas. Algoritma yang dikembangkan mampu menyelesaikan semua data set dengan waktu kurang dari satu jam. Untuk mengetahui kualitas solusi yang dihasilkan, solusi dari algoritma CE telah dibandingkan dengan solusi algoritma B-and-B. Algoritma B-and-B merupakan metode pemecahan secara analitik sehingga dapat menyelesaikan beberapa data dengan solusi global optimum. Namun, algoritma ini membutuhkan waktu yang relatif cukup lama untuk mendapatkan solusi tersebut, sehingga untuk beberapa data tidak menghasilkan solusi sama sekali selama satu jam. Dari perbandingan yang dilakukan, algoritma CE sangat kompetitif karena menghasilkan rata-rata *gap* solusi dengan algoritma B-and-B yang tidak terlalu besar, selain itu algoritma CE membutuhkan waktu lebih singkat untuk mendapatkan solusi tersebut. Secara rata-rata, *gap* kualitas solusi algoritma CE dan B-and-B adalah 0,18% untuk data 20 lokasi pelanggan dengan kecepatan 150,98 kali lebih baik dan 0,00% untuk data 40 lokasi pelanggan dengan kecepatan 56,12 kali lebih baik.

Berdasarkan penelitian ini, algoritma CE yang dikembangkan untuk MR KJAJWDM memiliki kekurangan karena sangat bergantung pada jumlah sampel yang dibangkitkan. Semakin banyak jumlah sampel, semakin banyak ruang solusi yang dijelajahi, namun semakin tinggi pula waktu komputasi yang dibutuhkan. Rekomendasi untuk penelitian selanjutnya adalah mengembangkan suatu prosedur untuk mengurangi jumlah sampel yang dibutuhkan namun tidak mengorbankan kualitas solusi. Selain itu, untuk penelitian selanjutnya, hasil algoritma CE ini dapat di bandingkan dengan algoritma metaheuristik yang lain.

#### Daftar Pustaka

- Baldacci, R., Bartolini, E., Mingozzi, A. An exact algorithm for the pickup and delivery problem with time windows, 2011, *Operations Research*, 59 (2), pp. 414-426.
- Battarra, M., Erdoğan, G., Laporte, G., & Vigo, D., 2010, The Traveling Salesman Problem with Pickups, Deliveries, and Handling Costs. *Transportation Science*, 44(3), 383–399.
- Benavent, E., Landete, M., Mota, E., & Tirado, G., 2015, The Multiple Vehicle Pickup and Delivery Problem with LIFO Constraints. *European Journal of Operational Research*, 243(3), 752–762.
- Bent, R., & Hentenryck, P. Van., 2006, A Two-Stage Hybrid Algorithm for Pickup And Delivery Vehicle Routing Problems with Time Windows. *Computers and Operations Research*, 33(4), 875–893.



- Berbeglia, G., Cordeau, J.-F., Gribkovskaia, I., & Laporte, G., 2007, Static Pickup and Delivery Problems: A Classification Scheme and Survey. *Top*, 15(1), 1–31.
- Cheपुरi, K., Homem-De-Mello, T. Solving the vehicle routing problem with stochastic demands using the cross-entropy method, 2005, *Annals of Operations Research*, 134 (1), pp. 153-181
- the cross-entropy method (2005) *Annals of Operations Research*, 134 (1), pp. 153-181
- Cherkesly, M., Desaulniers, G., & Laporte, G., 2014, Branch-Price-and-Cut Algorithms for The Pickup and Delivery Problem with Time Windows and Last-in-First-Out Loading. *Transportation Science, Article in Advance*, (July), 1–15.
- Furtado, M. G. S., Munari, P., & Morabito, R., 2015, Pickup and Delivery Problem with Time Windows : A New Compact Two-Index Formulation. *Preprint submitted to Elsevier*.
- Hosny, M., 2011, Comparing Genetic Algorithms and Simulated Annealing for Solving the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. *Proceedings of the 2011 International Conference on Artificial Intelligence, ICAI*, 513–519.
- Li, H., & Lim, A., 2001, A Metaheuristic for The Pickup And Delivery Problem With Time Windows. *Proceedings 13th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence. ICTAI 2001*, 160–167.
- Lu, Q., & Dessouky, M., 2004, An Exact Algorithm for the Multiple Vehicle Pickup and Delivery Problem. *Transportation Science*, 38(4), 503–514.
- Parragh, S. N., Doerner, K. F., & Hartl, R. F., 2008a, A Survey on Pickup and Delivery Problems. Part I: Transportation Between Customers and Depot. *Journal für Betriebswirtschaft*, 58(2), 81–117.
- Parragh, S. N., Doerner, K. F., & Hartl, R. F., 2008b, A Survey on Pickup And Delivery Problems. Part II: Transportation Between Pickup and Delivery Locations. *Journal für Betriebswirtschaft*, 58(2), 81–117.
- Ropke, S., & Cordeau, J.-F., 2009, Branch and Cut and Price for the Pickup and Delivery Problem with Time Windows. *Transportation Science*, 43(3), 267–286.
- Rubinstein, R. Y., 1997, Optimization of Computer Simulation Models with Rare Events. *European Journal of Operations Research*, 99, 89–112.
- Rubinstein, R. Y., 1999, The Cross-Entropy Method for Combinatorial and Continuous Optimization. *Methodology and computing in applied probability*, 1(2), 127-190.
- Rubinstein, R. Y., 2001, Combinatorial Optimization, Cross-Entropy, Ants and Rare Events. In *Stochastic Optimization: Algorithms and Applications* (pp. 303-363). Springer US.
- Santosa, B., & Aminuddin, M., 2012, A Development of Hybrid Cross Entropy-Tabu Search Algorithm for Travelling Repairman Problem. *Proceedings of the 2012 International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*, 1444–1450.
- Santosa, B., & Willy, P., 2011, Metoda Metaheuristik Konsep dan Implementasi. *Guna Widya*.
- Toth, P., & Vigo, D., 2014, *Vehicle Routing Problem, Methods, and Application* (2nd ed.). Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics Philadelphia (SIAM).



## **Integrasi AHP-TOPSIS Pada Kraljic Portofolio Matrix Dalam Penentuan Strategi Pembelian (Studi Kasus : PT.Hitachi Construction Machinery Indonesia)**

**Aries Susanty, Arfan Bakhtiar, Febrina Ramadhona**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus Undip Tembalang, Semarang, Indonesia 50275  
febiramadhonaaa@gmail.com

### **Intisari**

*Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menentukan strategi pembelian dari dua puluh dua material di PT Hitachi Construction Machinery yang sering mengalami keterlambatan. Dalam hal ini, penentuan strategi pembelian akan didasarkan pada posisi titik koordinat dari material-material tersebut pada keempat kuadran dari Kraljic Portofolio Matrix yang terdiri atas dimensi supply risk dan profit impact. Pada dimensi supply risk terdapat 6 buah kriteria yang perlu dipertimbangkan, sedangkan pada dimensi profit impact terdapat 3 kriteria yang perlu dipertimbangkan. Terdapat dua buah metoda yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu metoda AHP dan TOPSIS. Metode AHP digunakan untuk menentukan bobot dari setiap kriteria pada dimensi supply risk dan profit impact; sedangkan, metode TOPSIS digunakan untuk menentukan titik koordinat dari setiap material berdasarkan pada nilai relative closeness ( $C^*$ ) kriteria tertinggi pada dimensi supply risk dan profit impact. Hasil pemetaan ke dua puluh dua item pada Kraljic Portofolio Matrix menunjukkan bahwa terdapat sepuluh material yang terletak pada kuadran non-critical items, enam material yang terletak dalam kuadran bottleneck items, lima material yang terletak pada kuadran leverage items, dan satu material yang terletak pada kuadran strategic items. Variasi letak dari ke dua puluh dua material tersebut memberi konsekuensi pada perusahaan untuk menjalankan strategi yang berbeda-beda pada setiap material sesuai dengan letak kuadran dari material-material tersebut.*

*Kata kunci: AHP, Kraljic Portofolio Matrix, TOPSIS, Strategi Pembelian.*

### **1. Pendahuluan**

*Supplier relationship management* merupakan salah satu bagian dari *supply chain management*. Pengelolaan yang baik dari *supplier relationship management* akan memiliki dampak yang signifikan pada performansi rantai pasok (Park, dkk. 2009; Nyamasege dan Biraori, 2015). Selanjutnya, salah satu bagian yang penting dari *supply relationship management* adalah penentuan strategi pembelian. Menurut Verheyden (2003), pembelian merupakan kegiatan yang dapat menghemat biaya perusahaan. Kraljic (1983) menyatakan bahwa biaya pembelian memberikan kontribusi yang cukup besar sekitar 40-80% terhadap total biaya perusahaan (Suliantoro, et al., 2014). Sejalan dengan pernyataan yang dikemukakan oleh Kraljic, van Weele pada tahun 2005 menyatakan pula bahwa banyak perusahaan manufaktur yang mengeluarkan 50%-70% biaya untuk melakukan pembelian material sehingga performansi perusahaan bergantung pada pemasok dan material yang dibeli perusahaan. Berdasarkan kondisi tersebut, perusahaan perlu menentukan strategi pembelian yang tepat karena penentuan strategi pembelian yang tepat dapat meningkatkan tingkat efisiensi serta efektifitas (Lee dan Drake, 2009).



Permasalahan yang terkait dengan pembelian dirasakan pula oleh PT. Hitachi Construction Machinery Indonesia (PT. HCMI) yang merupakan perusahaan yang bergerak di bidang produksi alat berat. Produk yang dihasilkan oleh PT. HCMI adalah *excavator*. Dalam memproduksi *excavator*, PT. HCMI menerapkan strategi *make to order*, dimana perusahaan akan membuat *excavator* ketika menerima pesanan dari perusahaan pemasarnya yaitu PT. Hexindo Adi Perkasa (PT. HAP). Secara spesifik, permasalahan pembelian yang dihadapi oleh PT. HCMI pada saat ini adalah keterlambatan kedatangan dua puluh dua material. Keterlambatan kedatangan material memiliki dua buah konsekuensi bagi perusahaan. Pertama, keterlambatan material akan berdampak pada perencanaan produksi yang telah dijadwalkan (Ala-Risku dan Kärkkäinen, 2006). Kedua, keterlambatan akan berdampak pada bertambahnya biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan. Beberapa biaya dapat secara langsung dihitung, sebagian lainnya tidak tampak namun memberikan dampak yang besar bagi performansi perusahaan dalam jangka panjang (Darvik dan Larsson, 2010). Pada PT. HCMI keterlambatan kedatangan dari ke dua puluh dua material tersebut telah mengganggu proses perakitan dari *excavator* karena material-material yang terlambat tersebut merupakan item-item penyusun dari *excavator*. Saat ini, dalam rangka mengantisipasi keterlambatan kedatangan material, PT. HCMI telah menetapkan kebijakan berupa persediaan pengamanan untuk 20 hari kerja bagi setiap material yang akan dibeli. Namun, pada kenyataannya, kebijakan tersebut belum bisa menanggulangi permasalahan keterlambatan material karena setiap material memiliki keterlambatan yang berbeda-beda dan seringkali lebih dari 20 hari kerja. Alternatif lainnya yang dapat dilakukan oleh PT. HCMI untuk mengatasi keterlambatan dari kedua puluh dua material tersebut adalah menyusun suatu strategi pembelian. Dalam hal ini, metode *Kraljic Portofolio Matrix* adalah salah satu metoda yang dapat digunakan untuk menyusun strategi pembelian. Metoda ini akan membantu perusahaan untuk menyusun strategi pembelian yang berbeda bagi setiap material tergantung dari hasil pemetaan dari setiap material pada empat kuadran dalam *Kraljic Portofolio Matrix* (*non-critical, bottleneck, leverage* dan *strategic items*). Pemetaan tersebut akan didasarkan pada posisi titik koordinat setiap material pada dimensi *supply risk* dan *profit impact*. Dalam hal ini, metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Technique for Others Preference by Similarity to Ideal Solution* (TOPSIS) akan digunakan untuk menentukan titik koordinat dari setiap material pada empat kuadran dalam *Kraljic Portofolio Matrix*. Metode AHP dari Saaty digunakan untuk menentukan bobot dari setiap kriteria pada dimensi *supply risk* dan *profit impact*, sedangkan metoda TOPSIS digunakan untuk meranking dan memilih sejumlah alternatif melalui pengukuran jarak terdekat alternatif dengan solusi ideal positif (Shih, dkk. 2006). Kedua metoda tersebut digunakan secara bersama-sama karena metode TOPSIS memiliki kelemahan yang berupa ketidakmampuan untuk menentukan bobot objektif pada kriteria dan ketidakmampuan untuk menentukan konsistensi dari penilaian ahli. Kelemahan ini dapat diatasi dengan menggunakan Metoda AHP.

## 2. Metode Penelitian

### 2.1. Obyek Penelitian

Sampel dari penelitian ini adalah dua puluh dua material dari seratus dua belas material yang dibeli oleh perusahaan. Kedua puluh dua material tersebut memiliki frekuensi keterlambatan yang tinggi pada periode Januari-November 2015.

### 2.2. Data dan Instrumen Penelitian

Terdapat dua jenis data yang digunakan dalam penelitian ini yaitu data sekunder dan data primer. Data sekunder berupa data keterlambatan pengiriman material pada periode Januari-November 2015. Data primer berupa data dari hasil pengisian kuesioner. Terdapat dua buah kuesioner yang digunakan dalam penelitian ini. Kuesioner pertama adalah kuesioner untuk memvalidasi kriteria dari *supply risk* dan *profit impact* agar kriteria yang digunakan nantinya benar-benar sesuai dengan kondisi perusahaan. Kuesioner ini menggunakan skala Likert 1 sampai 5, dari sangat tidak sesuai sampai dengan sangat sesuai sekali. Kuesioner yang kedua



adalah kuesioner perbandingan berpasangan yang digunakan untuk menentukan tingkat kepentingan dari suatu kriteria terhadap kriteria lainnya. Kuesioner ini menggunakan skala 1 sampai dengan 9, dari sama pentingnya sampai dengan suatu kriteria mutlak lebih penting dibandingkan dengan kriteria lainnya. Baik kuesioner satu maupun kuesioner dua diisi oleh tiga responden yang dianggap memiliki pengetahuan tentang proses pembelian material di perusahaan. Ketiga responden tersebut adalah Manager PPIC, Asisten Manager PPIC dan Manager Procurement.

### 2.3. Dimensi dan Kriteria

Terdapat dua buah dimensi yang digunakan untuk memetakan setiap material dalam *Kraljic Portfolio Matrix*, yaitu *supply risk* dan *profit impact*. Dimensi *supply risk* memiliki 6 kriteria yaitu *availability* (AVA), *competitive demand* (COD), resiko penyimpanan (RSP), jumlah pemasok yang digunakan (JPG) (Donald, 2006), jumlah pemasok alternatif (JPA) dan *lead time* (LTI) (Mirahmadi dan Teimoury, 2012). Adapun dimensi *profit impact* memiliki tiga kriteria yaitu harga pembelian (HPE), volume pembelian (VPE) dan kualitas item (KIT) (Knight, et al. 2014).

### 2.4. Teknik Pengolahan Data

Terdapat dua metoda yang digunakan untuk pengolahan data yaitu metoda AHP dan metoda TOPSIS. Metoda AHP digunakan untuk menentukan bobot dari setiap kriteria pada dimensi *supply risk* dan *profit impact*, sedangkan metoda TOPSIS digunakan untuk menentukan titik koordinat dari setiap material berdasarkan pada nilai *relative closeness* (C\*) kriteria tertinggi pada dimensi *supply risk* dan *profit impact*.

Sejumlah tahapan yang harus dilakukan untuk menentukan bobot dari setiap kriteria dalam dimensi *supply risk* dan *profit impact* dengan menggunakan metoda AHP dapat dijelaskan sebagai berikut. Tahap pertama adalah mendefinisikan masalah, dan menentukan solusi/kriteria yang diinginkan, dan selanjutnya menyusun hierarki dari permasalahan yang dihadapi tersebut. Langkah kedua adalah menentukan prioritas atau tingkat kepentingan dari setiap solusi/kriteria dengan cara membuat perbandingan berpasangan antara satu solusi/kriteria terhadap solusi/kriteria lainnya. Langkah ketiga adalah menghitung bobot atau tingkat kepentingan dari setiap solusi/kriteria dengan menggunakan *software expert choice*. Langkah keempat adalah memeriksa nilai dari rasio konsistensi (*consistency ratio* atau CR). Nilai rasio konsistensi harus kurang dari 5% untuk matriks 3x3, 8% untuk matriks 4x4 dan 10% untuk matriks  $n \geq 5$  (Kousalya, et al., 2012) yang jika nilai rasio konsistensi lebih besar dari ketentuan yang ditetapkan maka pengisian kuesioner perbandingan perlu dilakukan kembali untuk mendapatkan nilai-nilai tingkat kepentingan yang baru.

Selanjutnya, tahapan dari metoda TOPSIS yang digunakan untuk menentukan titik koordinat dari setiap material berdasarkan pada nilai *relative closeness* (C\*) kriteria tertinggi pada dimensi *supply risk* dan *profit impact* dapat dijelaskan sebagai berikut.

- Langkah pertama, melakukan normalisasi pada matrik perbandingan berpasangan. Normalisasi dilakukan dengan rumus normalisasi vektor, dengan rumus sebagai berikut.

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (1)$$

$x_{ij}$  = nilai matrix pada baris ke- $i$  kolom ke- $j$

- Langkah kedua adalah menghitung nilai  $v_{ij}$ , yang merupakan hasil perkalian matrix normalisasi dengan bobot dari setiap kriteria. Berikut adalah rumus untuk menghitung  $v_{ij}$

$$v_{ij} = w_i r_{ij} \quad (2)$$

$w_i$  = nilai bobot kriteria

$r_{ij}$  = nilai normalisasi matrix baris ke- $i$  kolom ke- $j$





- Langkah ketiga adalah menentukan solusi ideal positif ( $A^+$ ) dan solusi ideal negatif ( $A^-$ ) pada nilai  $v_{ij}$  matrix dengan menggunakan rumus berikut.

$$A^+ = \{(\max v_{ij} | j \in J), (\min v_{ij} | j \in J')\} \quad (3)$$

$$A^- = \{(\min v_{ij} | j \in J), (\max v_{ij} | j \in J')\} \quad (4)$$

$J = 1, 2, 3, \dots, n$ ,  $J$  merupakan *benefit* kriteria (*the higher the better*)

$J' = 1, 2, 3, \dots, n$ ,  $J'$  merupakan *cost* kriteria (*the lower the better*)

- Langkah keempat adalah menghitung jarak dari solusi ideal positif dan solusi ideal negatif dengan menggunakan rumus berikut.

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j)^2} \quad (5)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j)^2} \quad (6)$$

$v_j$  = nilai  $v$  terbesar kriteria

- Langkah kelima adalah menghitung relative closeness ( $C_i^*$ )

$$C_i^* = S_i^- / (S_i^+ + S_i^-) \quad (7)$$

$$0 \leq C_i^* \leq 1$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

Hasil dan pembahasan akan mencakup tiga hal penting. Pertama, hasil validasi kriteria dari dimensi *supply risk* dan *profit impact*, Kedua hasil pembobotan setiap kriteria untuk kedua puluh dua material yang menjadi obyek dari penelitian. Ketiga, hasil pemetaan kedua puluh dua material pada *Kraljic Portofolio Matrix* dan strategi pemelian yang diusulkan.

#### 3.1. Hasil Validasi Kriteria dari Dimensi Supply Risk dan Profit Impact

Validasi atas kriteria dari dimensi *supply risk* dan *profit impact* bertujuan untuk mengetahui apakah suatu kriteria telah sesuai dengan kondisi perusahaan dan dapat digunakan untuk menilai dimensi *supply risk* dan *profit impact* dari setiap material. Dalam hal ini, nilai rata-rata dari setiap kriteria yang diperoleh dari pengisian kuesioner digunakan untuk menentukan keputusan. Kriteria yang dianggap sesuai dengan kondisi perusahaan dapat digunakan untuk menilai dimensi *supply risk* dan *profit impact* dari setiap material adalah kriteria yang memiliki nilai rata-rata sama dengan atau lebih dari 3. Secara ringkas, hasil validasi kriteria pada dimensi *supply risk* dan *profit impact* dapat dilihat pada Tabel 1 berikut. Tampak bahwa semua kriteria memiliki nilai rata-rata lebih besar dari 3. Hal ini mengindikasikan bahwa ketiga responden sepakat bahwa semua kriteria yang diusulkan dianggap sesuai dengan kondisi perusahaan dan dapat digunakan sebagai kriteria dalam menilai *supply risk* dan *profit impact* dari suatu material.

Tabel 1. Hasil Validasi Kriteria dari Dimensi *Supply Risk* dan *Profit Impact*

Dimensi	<i>Supply risk</i>					<i>Profit Impact</i>			
	Kriteria								
Responden	AVA	COD	RSP	JPD	JPA	LTI	HPE	VPE	KIT
1	5	4	5	4	4	5	5	5	3
2	4	3	5	4	5	5	5	5	5
3	5	4	5	3	3	4	5	4	5
Total	14	11	15	11	12	14	15	14	13
Rata-rata	4,67	3,67	5,00	3,67	4,00	4,67	5,00	4,67	4,33



### 3.2. Hasil Pembobotan Kriteria Menggunakan Metode AHP

Hasil pembobotan setiap kriteria pada dimensi *supply risk* dan pada dimensi *profit impact* untuk ke dua puluh dua material yang menjadi obyek penelitian dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut.

Tabel 2. Bobot Kriteria pada Dimensi *Supply Risk*

Item pembelian	<i>Availability (AVA)</i>	<i>Competitive Demand (COD)</i>	Resiko Penyimpanan (RSP)	Jumlah Pemasok yang Digunakan (JPD)	Jumlah Pemasok Alternatif (JPA)	<i>Lead Time (LTI)</i>
Part A	0,288	0,219	0,207	0,082	0,073	0,221
Part B	0,202	0,128	0,268	0,081	0,083	0,237
Part C	0,245	0,138	0,214	0,082	0,064	0,257
Part D	0,270	0,103	0,145	0,094	0,076	0,311
Part E	0,260	0,116	0,139	0,122	0,057	0,305
Part F	0,277	0,176	0,146	0,089	0,090	0,222
Part G	0,323	0,149	0,181	0,072	0,045	0,230
Part H	0,328	0,111	0,215	0,074	0,056	0,216
Part I	0,326	0,115	0,189	0,075	0,160	0,136
Part J	0,287	0,144	0,160	0,054	0,183	0,171
Part K	0,268	0,102	0,217	0,075	0,065	0,273
Part L	0,212	0,084	0,349	0,078	0,061	0,216
Part M	0,282	0,082	0,195	0,068	0,057	0,317
Part N	0,223	0,075	0,19	0,094	0,074	0,344
Part O	0,357	0,078	0,186	0,101	0,052	0,226
Part P	0,269	0,075	0,256	0,073	0,060	0,267
Part Q	0,248	0,100	0,258	0,081	0,067	0,246
Part R	0,248	0,100	0,258	0,001	0,067	0,246
Part S	0,268	0,102	0,217	0,075	0,065	0,273
Part T	0,303	0,086	0,211	0,063	0,058	0,279
Part U	0,223	0,075	0,19	0,094	0,074	0,344
Part V	0,268	0,171	0,133	0,078	0,129	0,22

Tabel 3. Bobot Kriteria pada Dimensi *Profit Impact*

Item pembelian	Harga Pembelian (HPE)	Volume Pembelian (VPE)	Kualitas Item (KIT)
Part A	0,361	0,173	0,466
Part B	0,227	0,174	0,599
Part C	0,331	0,240	0,429
Part D	0,268	0,259	0,473
Part E	0,180	0,180	0,640
Part F	0,252	0,198	0,550
Part G	0,416	0,170	0,413



Item pembelian	Harga Pembelian (HPE)	Volume Pembelian (VPE)	Kualitas Item (KIT)
Part H	0,258	0,475	0,267
Part I	0,267	0,200	0,533
Part J	0,331	0,240	0,429
Part K	0,191	0,309	0,499
Part L	0,319	0,221	0,460
Part M	0,195	0,355	0,450
Part N	0,224	0,224	0,552
Part O	0,195	0,355	0,450
Part P	0,348	0,200	0,452
Part Q	0,333	0,359	0,308
Part R	0,257	0,371	0,371
Part S	0,226	0,387	0,387
Part T	0,310	0,438	0,251
Part U	0,342	0,220	0,438
Part V	0,369	0,390	0,241

Hasil pembobotan pada Tabel 2 dilakukan dengan menggunakan metoda AHP, dimana pada penelitian ini metoda AHP digunakan untuk menentukan bobot kriteria pada kedua puluh dua material. Berdasarkan hasil pembobotan dari keenam kriteria pada *supply risk* menunjukkan bahwa terdapat tiga kriteria dari dimensi *supply risk* yang memiliki bobot terbesar pada setiap material. Ketiga kriteria tersebut adalah kriteria *availability*, resiko penyimpanan dan *lead time*. Oleh karena itu, ketiga kriteria ini berdasarkan penilaian kuisisioner dari responden memiliki andil dalam mempengaruhi *supply risk* yang selanjutnya akan mempengaruhi penentuan strategi pembelian. Kriteria *availability* merupakan kriteria yang dianggap mempengaruhi *supply risk* perusahaan terutama dalam hal pembelian perusahaan karena ketersediaan merupakan hal penting terutama bagi perusahaan dengan sistem *make to order* (Lee dan Drake, 2009). Kriteria resiko penyimpanan juga merupakan kriteria yang dapat mempengaruhi resiko *supply* karena potensi-potensi terjadinya kerusakan pada material yang dibeli sehingga akan mempengaruhi strategi pembelian. Kriteria *lead time* merupakan salah satu kriteria dengan bobot terbesar berdasarkan penilaian responden karena waktu merupakan salah satu ukuran keefektifan dari sebuah proses. Semakin lama waktu pengiriman item pembelian maka akan semakin tinggi *supply risk* untuk item pembelian tersebut dan akan mempengaruhi strategi yang akan diambil.

Hasil pembobotan pada Tabel 3 menunjukkan bahwa terdapat tiga kriteria dalam dimensi *profit impact* yang memiliki bobot terbesar pada setiap material. Ketiga kriteria tersebut adalah kriteria kualitas items, volume pembelian, dan harga pembelian. Kualitas item memiliki bobot tertinggi karena melakukan pembelian atas material yang berkualitas baik akan menurunkan biaya produksi melalui penurunan biaya *re-work* dan *scrap*. Selanjutnya, penurunan biaya produksi dapat meningkatkan profit dari perusahaan. Disamping menurunkan biaya produksi, pembelian material yang berkualitas baik akan menurunkan biaya terutama dalam biaya pemeriksaan (Lee dan Drake, 2009), yang pada akhirnya berdampak pada profit yang diterima oleh perusahaan. Volume pembelian memiliki bobot tertinggi karena dengan memperbesar volume pembelian akan mempengaruhi profit perusahaan karena akan mengurangi biaya administrasi diantaranya biaya pengiriman. Berbeda dengan pembelian material yang berkualitas, pembelian material dalam volume yang besar juga dapat berdampak negatif pada profit perusahaan karena besarnya biaya yang harus dikeluarkan untuk melakukan pembelian dan penyimpanan material. Disamping itu, Harga pembelian akan mempengaruhi



profit yang diperoleh perusahaan. Dalam hal ini, semakin rendah harga pembelian semakin meningkat profit yang akan diperoleh perusahaan.

### 3.3. Penentuan Titik Koordinat Pada *Supply Risk* dan *Profit Impact* Item pembelian Dengan TOPSIS

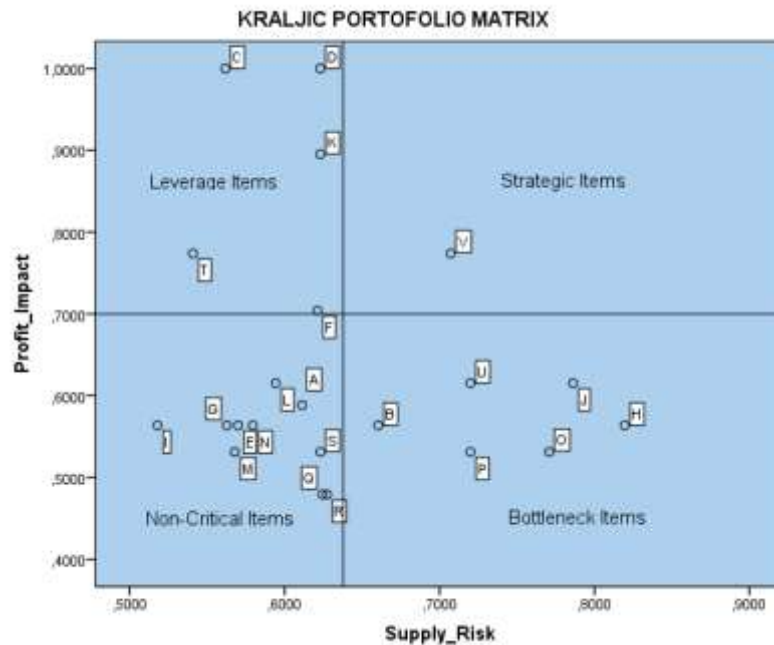
Penentuan titik koordinat dari setiap material dilakukan setelah didapati nilai bobot kriteria dalam rangka menentukan titik koordinat material pada *Kraljic Portofolio Matrix* dengan metode TOPSIS. Dengan menjalankan ke 5 *step* pada perhitungan TOPSIS maka didapatkan titik koordinat  $C^*$  untuk setiap material berdasarkan nilai  $C^*$  tertinggi pada kriteria di dimensi *supply risk* dan *profit impact*. Secara ringkas, hasil perhitungan nilai  $C^*$  dari kedua puluh dua material pada dimensi *supply risk* dan *profit impact* dapat dilihat pada Tabel 4 berikut.

Tabel 4. Nilai  $C^*$  Pada *Supply Risk* dan *Profit Impact*

Material	<i>Supply Risk</i>	<i>Profit Impact</i>
A	0,6113	0,5885
B	0,6605	0,5637
C	0,5617	1,0000
D	0,6230	1,0000
E	0,5700	0,5637
F	0,6212	0,7042
G	0,5627	0,5637
H	0,8196	0,5637
I	0,5179	0,5637
J	0,7862	0,6153
K	0,6231	0,8952
L	0,5942	0,6153
M	0,5678	0,5312
N	0,5795	0,5637
O	0,7708	0,5312
P	0,7200	0,5312
Q	0,6245	0,4791
R	0,6274	0,4791
S	0,6231	0,5312
T	0,5408	0,7738
U	0,7200	0,6153
V	0,7072	0,7738

Setelah dilakukan perhitungan nilai  $C^*$  dari setiap material, langkah selanjutnya adalah memetakan setiap material kedalam kuadran *Kraljic Portofolio Matrix* berdasarkan nilai  $C^*$  dari *supply risk* (pada sumbu x) dan nilai  $C^*$  dari *profit impact* (pada sumbu y). Nilai  $C^*$  berada diantara 0 hingga 1 (Bhutta dan Phipon, 2012). Secara grafis, hasil pemetaan setiap material pada *Kraljic Portofolio Matrix* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.





Gambar 1. Hasil Pemetaan Dua Puluh Dua Material pada *Kraljic Portfolio Matrix*

Hasil pemetaan setiap material pada Kraljic Portfolio Matrix menunjukkan bahwa terdapat sepuluh material yang terletak pada kuadran *non-critical items*, Strategi yang dapat dilakukan untuk kesepuluh material ini adalah melakukan efisiensi dalam pembelian melalui optimalisasi pemesanan sehingga biaya pembelian dapat diturunkan. Selanjutnya, terdapat enam material yang termasuk dalam kuadran *bottleneck items*. Strategi yang diusulkan untuk keenam material ini adalah menurunkan tingkat resiko *supply* dengan melakukan pembaharuan dalam *safety stock* dan melakukan penambahan jumlah persediaan (*extra stock*). Terdapat lima material yang berada pada kuadran *leverage items*. Strategi pembelian yang diusulkan untuk kelima material tersebut adalah strategi kooperatif dengan pemasok untuk mencapai kesepakatan dalam harga dan kesepakatan dalam perencanaan pembelian. Kemudian, terdapat 1 material dalam kuadran *strategic items*. Strategi yang diusulkan adalah menjalin kerjasama yang saling menguntungkan antara pemasok dengan perusahaan. Resiko *supply* yang tinggi dan *profit impact* yang tinggi menyebabkan kerjasama merupakan strategi yang dipilih agar bisa meningkatkan nilai kompetitif kedua perusahaan.

#### 4. Kesimpulan

Secara umum, penelitian ini bertujuan untuk menentukan strategi pembelian dari dua puluh dua material di PT Hitachi Construction Machinery yang sering mengalami keterlambatan. Dalam hal ini, penentuan strategi pembelian akan didasarkan pada posisi titik koordinat dari material-material tersebut pada keempat kuadran dari *Kraljic Portfolio Matrix* yang terdiri atas dimensi *supply risk* dan *profit impact*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua puluh dua material yang sering mengalami keterlambatan tersebut berada di kuadran yang berbeda sehingga perlu disusun suatu strategi pembelian yang sesuai dengan letak posisi dari setiap material.

Salah satu kekurangan dari penggunaan *Kraljic Portfolio Matrix* untuk memetakan setiap material yang dibeli adalah *Kraljic Portfolio Matrix* tidak memiliki garis pembagi yang mutlak yang memisahkan antara satu kuadran dengan kuadran lainnya. Dalam hal ini, *Kraljic Portfolio Matrix* mengadopsi metoda *Importance Performance Analysis* (IPA) dalam menentukan garis yang menjadi pembagi antar kuadran di sumbu X dan sumbu Y. Titik dari garis yang membagi sumbu X dihitung dari rata-rata nilai  $C^*$  dari dimensi *supply risk* dan titik dari garis yang membagi

sumbu Y dihitung dari ratan nilai nilai  $C^*$  dari dimensi *profit impact*. Konsekuensi dari menempatkan nilai rata-rata dalam penentuan garis tengah kuadran adalah pembagian kuadran *Kraljic Portfolio Matrix* bersifat relatif dan belum tentu akan sama jika data yang digunakan berbeda. Berdasarkan hal ini, apabila terjadi perubahan tingkat kepentingan dari setiap kriteria yang digunakan, perusahaan perlu mengkaji ulang letak dari setiap material pada *Kraljic Portfolio Matrix* yang pada akhirnya berdampak pada pemilihan strategi untuk setiap material tersebut.

#### Daftar Pustaka

- Ala-Risku, T. and Kärkkäinen, M., 2006, Material Delivery Problems in Construction Projects: A Possible Solution. *International Journal of Production Economics*, Vol. 104 pp. 19-29.
- Bhutia, P. W. and Phipon, R., 2012, Application of AHP and TOPSIS Method for Supplier Selection problem. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)*, Vol. 2 pp. 43-50.
- Darvik, L. and Larrson, J., 2010, *Thesis : The Impact of Material Delivery Deviations on Costs and Performance in Construction Projects*, Design and Construction Project Management, Göteborg.
- Donald, D. R. M., 2006, *Thesis : Application of Kraljic's Purchasing Portfolio Matrix in an Undeveloped Logistics Infrastructure*, Maastricht School Of Management, Paramaribo.
- Gelderman, C. and van Weele, A., 2005, Purchasing Strategies in the Kraljic matrix—A Power and Dependence Perspective. *Journal of Purchasing & Supply Management*, Vol. 11 pp. 19-28.
- Knight, L., Tu, Y. H. & Preston, J., 2014, Integrating Skills Profiling and Purchasing Portfolio Management: An Opportunity for Building Purchasing Capability. *Journal Production Economics*, Vol. 147 pp. 271-283.
- Kouslyia, P., Reddy, G. M., Supraja, S. and Prasad, V. S., 2012, Analytical Hierarchy Process approach—An application of engineering education. *Mathematica Aeterna*, Vol. 2 pp. 861-878.
- Lee, D. M. & Drake, P. R., 2009, A Portfolio Model for Component Purchasing Strategy and The Case Study of Two South Korean Elevator Manufacturers. *International Journal of Production Research*, Vol. 48 pp. 6651-6682.
- Mirahmadi, N. and Teimoury, E., 2012, A Fuzzy VIKOR Model for Supplier Selection and Evaluation: Case of EMERSUN Company. *Journal of Basic and Applied*, Vol. 2 pp. 5272-5278.
- Nyamasege, O. J. and Biraori, O. E., 2015, Effect of Supplier Relationship Management on The Effectiveness of Supply Chain Management in Kenya Public Sector. *International Journal of Managing Value and Supply Chains (IJMVSC)*, Vol. 6 pp. 25-32.
- Park, J., Shin, K., Chang, T.-W. and Park, J., 2009, An Integrative Framework for Supplier Relationship Management. *Emerald Insight*, Vol. 110 pp. 495-515.
- Shih, H., Syur, H. and Lee, E., 2007, An Extension of TOPSIS for Group Decision Making. *Journal Elsevier*, Vol. 45 pp. 801-813.
- Suliantoro, Hery., Nugroho, Susatyo. and Juanita, Fany, 2014, Penentuan Strategi Pembelian Bahan Baku Kritis (Studi kasus: PT Nyonya Meneer Semarang), Industrial Engineering National Conference (IENACO), ISSN: 2337-4349 pp. 335-344.
- van Weele, A.J., 2005, *Purchasing and Supply Chain Management: Analysis, Strategy, Planning and Practice*, Thomson Learning, London.
- Verheyden, R., 2003, *Laporan Penelitian : What Is Purchasing? A search after the core concepts of purchasing*, Advanced Diploma of International Purchasing and Supply Management International Federation of Purchasing and Materials Management (IFPMM), Belron.



## PERBANDINGAN METODE CROSTON, SYNTETOS, DAN BOYLAN (CSB) DENGAN METODE MARKOV MODEL FIRST ORDE-BOOTSTRAP DALAM PERAMALAN INTERMITTENT DEMAND



Mega Purnamasari, Nur Aini Masruroh

Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281

Telp. 085329586465

E-mail: megapurnamasari6812@gmail.com

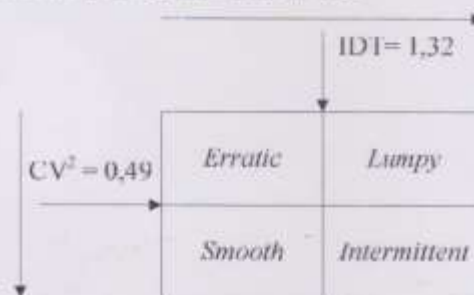
### Intisari

*Intermittent demand adalah pola permintaan random, sporadis, yang mana terjadi periode-periode bernilai nol dan juga periode-periode dengan kuantitas permintaan yang tidak konstan. Berdasarkan dari hasil riset-riset sebelumnya, metode terbaik untuk data intermittent demand adalah metode Croston yang telah direvisi oleh Syntetos dan Boylan (CSB) dan metode Markov model first orde-bootstrap (MB). Oleh karena itu, riset ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode tersebut manakah metode terbaik dalam meramalkan data intermittent demand berdasarkan pada nilai MAPE, kemudahan pada saat diaplikasikan, dan waktu aplikasi peramalan. Hasil pengolahan diketahui metode peramalan CSB lebih unggul dibandingkan dengan metode peramalan MB. Disisi lain, penelitian ini juga menyajikan standarisasi area berdasarkan metode terbaik.*

**Kata Kunci:** *intermittent demand, metode Croston, Syntetos, dan Boylan (CSB), Markov model first orde-bootstrap (MB)*

### 1. Pendahuluan

*Intermittent demand* adalah pola permintaan *random*, sporadis, yang mana terjadi periode-periode bernilai nol dan juga periode-periode dengan kuantitas permintaan yang tidak konstan (Syntetos dan Boylan, 2005). Sebagai contoh kasus *intermittent demand* adalah *insurance spare parts* pada perusahaan otomotif, *mining services*, penerbangan yang mana *spare parts* harus ada pada saat dibutuhkan jika sewaktu-waktu terjadi *unschedule breakdown*. Oleh karena itu, sebuah tantangan tersendiri untuk bisa melakukan peramalan yang optimal untuk kasus ini. Syntetos dan Boylan (2005) mendefinisikan *intermittent demand* lebih spesifik berdasarkan pada kovarian kuadrat kuantitas permintaan ( $CV^2$ ) dan juga berdasarkan pada rata-rata waktu antar adanya permintaan atau (IDT) seperti ditunjukkan pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1. Pembagian Area Pola Data (Syntetos dan Boylan, 2005)



Riset pertama yang mengeluarkan sebuah metode khusus untuk pola *intermittent demand* ini adalah riset Croston (1972) yang juga disebut sebagai metode peramalan Croston. Metode ini memberikan sebuah metode yang mana peramalan kuantitas permintaan maupun waktu antar adanya permintaan akan di *update* jika memang pada periode sebelumnya terdapat permintaan. Metode ini kemudian disanggah oleh Syntetos dan Boylan (2001) karena terdapat bagian perhitungan peramalan Croston (1972) yang bias secara matematis, dan kemudian direvisi pada risetnya. Metode peramalan Syntetos dan Boylan kemudian dibandingkan hasilnya dengan metode Croston, *moving average* dan *single exponential smoothing* dan menunjukkan bahwa metode Syntetos dan Boylan memiliki tingkat keakuratan paling tinggi (Syntetos dan Boylan, 2005). Disisi lain Willemain, et al. (2005) juga menghasilkan sebuah metode peramalan untuk *intermittent demand* dengan menggabungkan antara metode Markov *model first orde* dan *bootstrap*. Markov *model first orde* digunakan untuk meramalkan adanya permintaan atau tidak pada periode selanjutnya, sedangkan metode *bootstrap* digunakan untuk meramalkan kuantitas permintaan jika terdapat permintaan pada periode selanjutnya. Metode Markov *model first orde* juga telah dibandingkan dengan metode *exponential smoothing* dan metode Croston dan menghasilkan tingkat keakuratan yang paling tinggi. Berdasarkan dari hasil riset-riset sebelumnya, metode terbaik untuk data *intermittent demand* adalah metode Croston yang telah direvisi oleh Syntetos dan Boylan (CSB) dan metode Markov *model first orde-bootstrap* (MB). Oleh karena itu, riset ini bertujuan untuk membandingkan kedua metode tersebut manakah metode terbaik dalam meramalkan data *intermittent demand*. Hal tersebut didukung oleh Kaurentzes (2013) pada risetnya menyatakan bahwa belum ada yang membandingkan metode CSB dan metode MB mana metode terbaik untuk peramalan *intermittent demand*.

## 2. Metodologi

Pada penelitian ini, akan membandingkan antara metode peramalan Croston, Syntetos, dan Boyland (CSB) dengan metode peramalan Markov *model first orde-bootstrap* (MB). Kedua metode tersebut merupakan metode-metode terbaik dari hasil penelitian sebelumnya. Pada penelitian ini data tidak hanya bernilai biner.

### 2.1. Data Empiris

Data empiris yang digunakan adalah 1046 data atau *spare parts intermittent demand* pada perusahaan otomotif. Setiap data atau *spare parts* terdiri dari 24 periode, 13 periode untuk membangun model dan 11 periode untuk validasi model. 13 periode digunakan untuk membangun model dan diasumsikan sudah memenuhi satu siklus pada *intermittent demand*. Hal tersebut berdasarkan pada salah satu *software* yang dikembangkan oleh salah satu perusahaan yang menggunakan 13 periode sebagai total periode optimum dalam metode *peramalan moving average* untuk pola *intermittent demand* (Syntetos et al., 2005).

### 2.2. Membangun Model Peramalan Metode Croston, Syntetos, dan Boylan (CSB)

Pada metode CSB, sebagian pendekatan dengan mengaplikasikan metode *single exponential smoothing* yaitu untuk menentukan estimasi kuantiti permintaan dan waktu interval antar permintaan. Peramalan metode CSB akan *update* hanya jika permintaan pada periode tersebut tidak bernilai nol.

Jika tidak ada transaksi ( $Y_j=0$ ), maka persamaan ditunjukkan pada persamaan 2.1 dan 2.2.

$$\hat{z}_j = \hat{z}_{j-1} \quad (2.1)$$

$$\hat{n}_j = \hat{n}_{j-1} \quad (2.2)$$

Jika terdapat transaksi ( $Y_j>0$ ), maka persamaan ditunjukkan pada persamaan 2.3 dan 2.4.

$$\hat{z}_j = c Y_j + (1 - c) \hat{z}_{j-1} \quad (2.3)$$

$$\hat{n}_j = b \hat{n}_j + (1 - b) \hat{n}_{j-1} \quad (2.4)$$





Kuantiti permintaan pada periode  $j$  ditunjukkan pada persamaan 2.5.

$$\hat{Y}_{j+1} = \left(1 - \frac{a}{2}\right) \times \frac{\hat{z}_j}{\hat{n}_j} \quad (2.5)$$

Keterangan:

$Y_j$  = kuantiti permintaan pada periode  $j$  dan tidak bernilai nol

$\hat{z}_j$  = peramalan kuantiti permintaan pada periode  $j$

$\hat{n}_j$  = peramalan waktu antar adanya permintaan pada periode  $j$

$c$  = parameter *smoothing*  $\hat{z}_j$

$b$  = parameter *smoothing*  $\hat{n}_j$

$a$  = parameter *smoothing*  $\hat{Y}_{j+1}$

$j$  = periode

Membangun model dilakukan menggunakan bantuan software C++ dengan 21<sup>3</sup> kombinasi nilai variabel *smoothing*  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  diantara nilai 0, 0.1, 0.15, 0.2, 0.25, 0.3, 0.35, 0.4, 0.45, 0.5, 0.55, 0.6, 0.65, 0.7, 0.75, 0.8, 0.85, 0.9, 0.95, dan 1 sehingga mendapatkan kombinasi nilai teroptimum atau kombinasi nilai *smoothing* yang pada saat digunakan sebagai parameter pada peramalan CSB akan menghasilkan nilai MAPE terkecil. Nilai  $a$ ,  $b$ , dan  $c$  terbaik dari hasil *running* simulasi pada C++ kemudian di inputkan pada *cell a*, *cell b*, dan *cell c* di *microsoft office excel 2013* yang secara otomatis akan menghitung nilai MAPE untuk 11 periode terakhir. Nilai  $\hat{z}_1$  sebagai inisialisasi adalah rata-rata dari 13 periode pertama. Begitupun dengan nilai  $\hat{n}_1$  dihitung berdasarkan 13 periode pertama.  $n_1$  atau waktu antar adanya permintaan pada periode ke-1 diasumsikan 1. Periode ke-0 dan ke-14 diasumsikan terdapat permintaan agar tetap bisa menghitung waktu antar adanya permintaan meskipun periode ke-1 sampai ke-13 permintaan bernilai nol.

### 2.3. Membangun Model Peramalan Metode Markov Model First Orde-Bootstrap (MB)

Markov *model first orde* adalah metode estimasi apa yang akan terjadi hari ini berdasarkan hasil observasi tepat data sebelumnya. Sebagai contoh, kita dapat memprediksi nilai inflasi hari ini berdasarkan nilai inflasi kemarin atau  $P(In | In-1)$  (Fossler dan Lusier, 1998). Membangun model dilakukan dengan bantuan *software Microsoft Office Excel 2013* untuk mencari probabilitas setiap kejadian yang akan digunakan sebagai referensi dalam peramalan periode berikutnya apakah akan ada permintaan atau tidak (Markov *model first orde*). Efron dan Thibisrani (1994) menjelaskan *bootstrap* adalah pengambilan *sample* dari hasil observasi secara acak dengan pengembalian. Kuantitas permintaan ditentukan dengan proses *bootstrap* yaitu dengan 10.000 kali proses *bootstrap*. Data yang digunakan adalah 13 periode digunakan untuk membangun model, dan 11 periode untuk validasi model.

### 2.4. Standarisasi Area Berdasarkan Metode Peramalan dengan MAPE Terendah

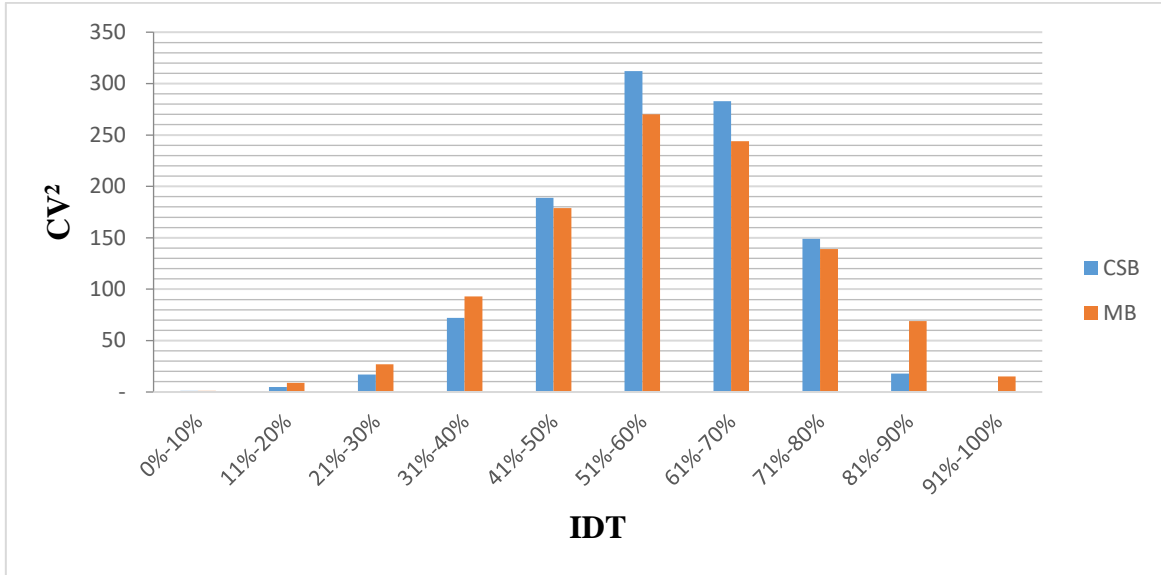
Standarisasi dilakukan dengan memplotkan data atau *spare parts* yang telah diramalkan pada grafik IDT dan CV<sup>2</sup>. Grafik terbagi menjadi dua, grafik untuk data atau *spare parts* yang lebih akurat menggunakan CSB dan grafik untuk data atau *spare parts* yang lebih akurat menggunakan metode peramalan MB. Dari grafik tersebut, dapat dilihat kondisi data dengan IDT dan CV<sup>2</sup> akan lebih unggul dengan metode peramalan CSB atau metode peramalan MB berdasarkan pada perhitungan total data atau *spare parts* di setiap area.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Analisis Metode Peramalan Terbaik

Analisis metode peramalan terbaik dilakukan dengan membandingkan nilai MAPE pada hasil validasi model. Perbandingan nilai MAPE pada metode CSB dan MB ditunjukkan pada Gambar 3.1 dan Gambar 3.2.

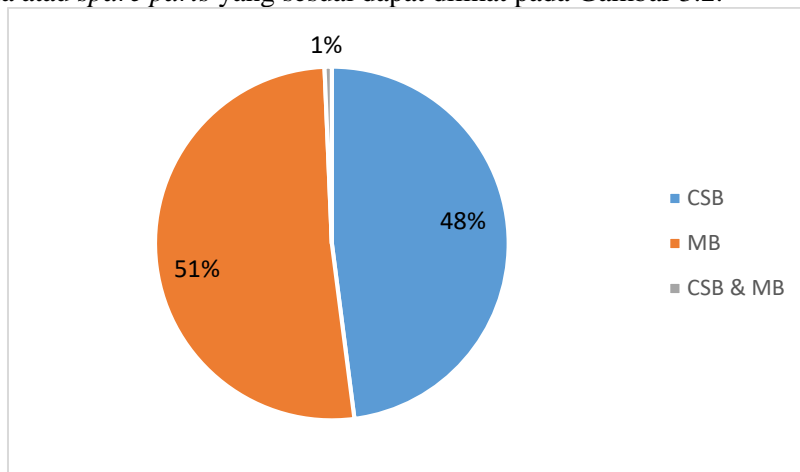




Gambar 3.1. Perbandingan total data atau *spare parts* yang sesuai dengan metode peramalan CSB VS metode peramalan MB

Semakin rendah nilai MAPE maka semakin akurat hasil peramalan, dan semakin banyak total data atau *spare parts* yang diramalkan ada pada *range* nilai MAPE rendah maka metode tersebut semakin unggul. Pada Gambar 5.2 dapat dilihat dari 1046 data atau *spare parts* yang diramalkan, dengan metode MB total data atau *spare parts* rentang nilai MAPE terendah 0%-40% dan nilai MAPE tertinggi 81%-100% selalu memiliki total data atau *spare parts* lebih banyak jika dibandingkan dengan metode CSB, disisi lain total data atau *spare parts* metode CSB lebih banyak di rentang nilai MAPE 41%-80%.

Jika dianalisis lebih lanjut mana yang terbaik antara metode CSB dan MB berdasarkan pada total data atau *spare parts* yang sesuai dapat dilihat pada Gambar 3.2.



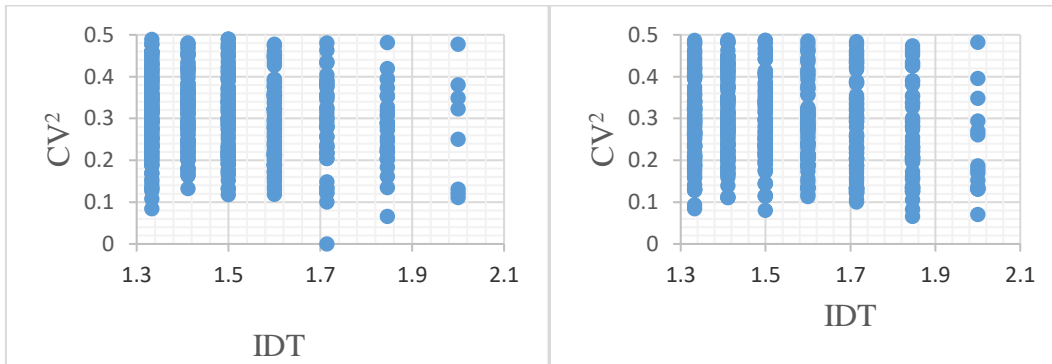
Gambar 3.2. Persentase Total Data atau *Spare Parts* Berdasarkan Metode yang Paling Sesuai

Pada Gambar 5.3 menunjukkan bahwa 51% dari total data atau *spare parts* lebih akurat jika menggunakan metode MB, 48% dari total data atau *spare parts* lebih akurat dengan menggunakan metode CSB, dan 1% sisanya, metode CSB dan MB memiliki tingkat keakuratan yang sama. Meskipun demikian, perlu dikaji lebih lanjut apakah metode CSB unggul secara

signifikan dibandingkan dengan metode MB disetiap kondisi area penelitian. Hal tersebut akan dibahas pada pembahasan selanjutnya.

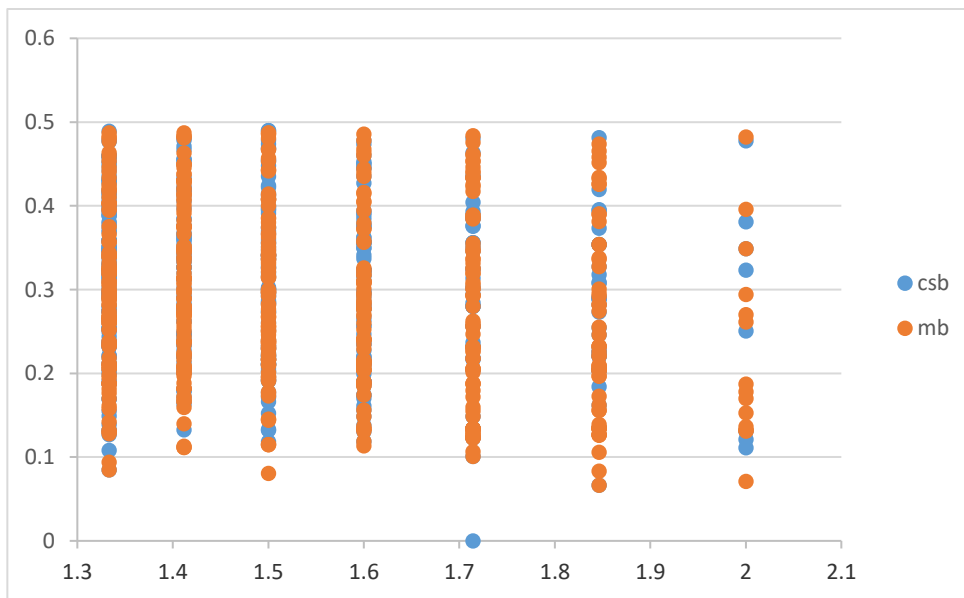
### 3.2 Standarisasi Area Berdasarkan Metode Peramalan Terbaik

Berdasarkan informasi sebelumnya, jika dilihat dari total data atau *spare parts* yang sesuai untuk metode peramalan, metode peramalan MB lebih unggul jika dibandingkan dengan metode peramalan CSB. Disisi lain, kita lihat plot data atau *spare parts* yang sesuai dengan metode peramalan CSB dan metode peramalan MB pada grafik  $CV^2$  dan IDT seperti pada Gambar 3.3 dan 3.4.



Gambar 3.3. Data atau *spare parts* yang sesuai menggunakan metode peramalan CSB

Gambar 3.4. Data atau *spare parts* yang sesuai menggunakan metode peramalan MB



Gambar 3.5. Data atau *spare parts* yang sesuai menggunakan metode peramalan CSB dan metode peramalan MB

Pada Gambar 3.3 dan Gambar 3.4 dapat dilihat persebaran data atau *spare parts* yang sesuai dengan masing-masing metode. Langkah selanjutnya adalah perlu dianalisis secara matematis persebaran area sesuai dengan masing-masing metode peramalan yang sesuai sehingga mendapatkan standarisasi area dan metode terbaik disetiap area.



Standarisasi area dan mencari metode terbaik dimasing-masing area dilakukan dengan mencari area-area yang sesuai dengan metode peramalan CSB dan area-area yang sesuai dengan metode peramalan MB. Langkah matematis yang dilakukan adalah dengan membuat *grid* antara  $CV^2$  (rentang 0-0.1, 0.11-0.2, 0.21-0.3, 0.31-0.4, 0.41-0.49) dan IDT (1.33, 1.41, 1.5, 1.6, 1.71, 1.85, dan 2). Pada setiap *grid* dihitung total data atau *spare parts* yang sesuai dengan metode peramalan CSB dan total data atau *spare parts* yang sesuai dengan metode peramalan MB. Pada setiap *grid* ditelusuri metode peramalan yang lebih unggul diantara kedua metode tersebut.

Tabel 3.1. Matriks total data/*spare parts* yang sesuai dengan metode peramalan CSB

CV2	IDT						
	1.33	1.41	1.5	1.6	1.71	1.85	2
0-0.1	2	0	0	0	2	1	0
0.11-0.2	14	12	17	20	11	8	3
0.21-0.3	41	33	33	31	18	19	1
0.31-0.4	43	31	29	32	19	9	3
0.41-0.49	24	16	14	11	5	3	1

Tabel 3.2. Matriks total data/*spare parts* yang sesuai dengan metode peramalan MB

CV2	IDT						
	1.33	1.41	1.5	1.6	1.71	1.85	2
0-0.1	2	0	1	0	2	3	1
0.11-0.2	20	22	16	22	27	23	8
0.21-0.3	36	38	43	33	20	14	3
0.31-0.4	25	29	30	14	15	8	2
0.41-0.49	15	22	13	10	15	8	1

Hasil dari perhitungan total data atau *spare parts* yang sesuai dengan masing-masing metode peramalan pada setiap *grid* nya, tidak semua digunakan sebagai data standarisasi area. Data yang digunakan adalah data yang *sample* nya lebih dari atau sama dengan 30, dengan asumsi data sudah cukup untuk ditarik kesimpulan. Oleh karena itu, *grid* yang akan dijadikan standarisasi adalah *grid* yang memiliki *sample* lebih dari atau sama dengan 30 *sample* seperti pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3. Total *sample* disetiap *grid*

CV2	IDT						
	1.33	1.41	1.5	1.6	1.71	1.85	2
0-0.1	4	0	1	0	4	4	1
0.11-0.2	34	34	33	42	38	31	11
0.21-0.3	77	71	76	64	38	33	4
0.31-0.4	68	60	59	46	34	17	5
0.41-0.49	39	38	27	21	20	11	2

Tabel 3.3 adalah hasil penjumlahan dari matriks pada Tabel 3.1 dan Tabel 3.2. Pada Tabel 3.3 diketahui *grid* yang akan ditarik kesimpulan metode peramalan yang sesuai untuk setiap *grid* nya adalah yang ditandai warna abu-abu. Setiap *grid* diuji apakah hasil peramalan *sample* di setiap *grid* tersebut memiliki perbedaan signifikan nilai MAPE antara metode CSB dan metode MB. Hasil pengujian uji-t, diketahui untuk semua *grid* area yang memiliki sampel lebih dari atau sama dengan 30, tidak terdapat perbedaan signifikan diantara penggunaan metode MB dengan metode CSB dari sisi nilai MAPE. Namun disisi lain, peneliti memiliki pengalaman dalam aplikasi dari kedua metode ini bahwa dengan penggunaan metode CSB lebih mudah untuk diaplikasikan, tingkat kesalahan perhitungan lebih rendah, dan waktu yang dibutuhkan dalam peramalan lebih cepat jika dibandingkan dengan metode MB. Hal tersebut dikarenakan pada metode CSB



dibangun model yang sebagian pengerjaannya dibantu dengan bantuan C++ dan sebagian pengerjaan dibantu dengan Microsoft Excel sedangkan metode MB seluruh pengerjaan dibangun dengan Microsoft Excel, dan penggunaan Microsoft Excel lebih banyak mengharuskan pengerjaan manual dibandingkan dengan C++ yang sudah *running* otomatis sehingga lebih cepat, pengulangan pengerjaan karena kesalahan perhitungan lebih rendah, dan lebih mudah. Peneliti juga memiliki tingkat kemudahan lebih tinggi dalam membangun model CSB dibandingkan dengan model MB. Sehingga metode CSB unggul jika dibandingkan dengan metode MB. Standarisasi area ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4. Standarisasi area metode terbaik

CV2	IDT					
	1.33	1.41	1.5	1.6	1.71	1.85
0.11-0.2	CSB	CSB	CSB	CSB	CSB	CSB
0.21-0.3	CSB	CSB	CSB	CSB	CSB	CSB
0.31-0.4	CSB	CSB	CSB	CSB	CSB	
0.41-0.49	CSB	CSB				

#### 4 Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Metode CSB lebih unggul dibandingkan dengan metode MB dari sisi kemudahan membangun model, kemudahan aplikasi pada saat meramalkan, tingkat kesalahan yang lebih rendah dan waktu yang dibutuhkan pada saat aplikasi
2. Standarisasi area ditunjukkan pada Tabel 3.4.

Pada penelitian ini, data yang diplotkan lebih rigid lagi dengan pengambilan data yang lebih banyak.

#### Daftar Pustaka

- Croston, J.D., 1972, 'Forecasting And Stock Control For Intermittent Demands'. *Operational Research Quarterly*, 23 (3), 289–303.
- Dolgui, A., dan Pashkevich, M., 2008, 'On The Performance Of Binomial And Beta-Binomial Models Of Demand Forecasting For Multiple Slow-Moving Inventory Items'. *Computers & Operations Research*, 35 (2008), 893–905.
- Dolgui, A., dan Pashkevich, M., 2008, 'Demand Forecasting For Multiple Slow Moving Items With Short Request History And Unequal Demand Variance'. *International Journal Production Economics*, 112 (2008) 885-894.
- Efron, B., dan Tibshirani, R., 1993, *An Introduction To The Bootstrap*, Chapman and Hall, New York.
- Fosler, E., dan Lussier, 1998, 'Markov Models And Hidden Markov Models: A Brief Tutorial'. *International Computer Science Institute*.
- Grange F., 1998, 'Challenges In Modeling Demand For Inventory Optimization Of Slow Moving Items'. *Proceedings of the 1998 winter simulation conference*, p. 1211–7.
- Harinaldi, 2005, *Prinsip-prinsip Statistik untuk Teknik dan Sains*, Erlangga, Jakarta.
- Kho, dan Dikson, 2015, Pengertian Diagram Pareto dan Cara Membuatnya, *Ilmu Manajemen Industri*.
- Levenbach, h., dan Cleary, J., 2006, *Forecasting Practice And Process For Demand Management*, Thomson Brooks/Cole, Duxbury.
- Lindsey, M., dan Pavur., 2009, 'Prediction Interval For Future Demand Of Existing Product With An Observed Demand Of Zero'. *International Journal Production Economics*, 119 (2009) 75-89.



- Nenes, G., Panagiotidou, S., dan Tagaras, G., 2010, 'Inventory Management Of Multiple Items With Irregular Demand: A Case Study'. *European Journal of Operation Research*, 205 (2010) 313-324.
- Syntetos, A., dan Boylan, J., 2001, 'On The Bias Of Intermittent Demand Estimates'. *International Journal of Production Economics*, 71, 457-466.
- Syntetos, A., dan Boylan, J., 2005, 'The Accuracy Of Intermittent Demand Estimates'. *International Journal of Forecasting*, 21, 303-314.
- Syntetos, A., Boylan, J., Croston, JD., 2005, 'On The Categorization of Demand Pattern'. *Journal of The Operational Research Society*, 56, 495-503.
- Snyder, R., Ord, J., dan Beaumont, A., 2012, 'Forecasting The Intermittent Demand For Slow Moving Inventories: A Modeling Approach'. *International Journal of Forecasting*, 28 (2012) 485-496.
- Tersine, R., 1994, *Principles Of Inventory And Materials Management*, PTR Prentice-Hall, Inc, New Jersey.
- Willemain, T., Smart, C., dan Schwartz, H., 2004, 'A New Approach To Intermittent Forecasting Demand For Service Parts Inventories'. *International Journal of Forecasting*, 20, 375-387.



## **Penentuan Produk, Jumlah dan Rute Transportasi Kacang Mede (*Anacardium Occidentale*) sebagai Bahan Baku dengan Metode *Analytical Hierarchy Process* dan Optimasi (Studi Kasus *Home Industry* Dian)**

**Halim Qista Karima, Novi Marlyana**

Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung  
Semarang, 50112

E-mail: halimqista@std.unissula.ac.id

### **Intisari**

*Home Industry Dian* merupakan salah satu produsen kue kering. Dengan sistem *make to order* produsen ini dapat menentukan jumlah bahan baku guna menyelesaikan pesanan sesuai jumlah. Kesulitan yang dihadapi dalam perkembangan industri rumahan ini yaitu meminimalisir biaya bahan baku utama seperti tepung telur dan kacang mede. Dari ketiga bahan baku utama tersebut kacang mede merupakan bahan baku termahal dan sulit untuk didapatkan. *Home Industry* ini telah memiliki pemasok dari beberapa kota diantaranya Semarang, Solo, Wongiri dan Klaten. Penentuan produk kacang mede ditentukan berdasarkan biaya dan kualitas, hal tersebut didasarkan oleh pertimbangan pemilik usaha. Biaya merupakan hal terpenting dalam jual beli, biaya digolongkan menjadi dua yaitu harga produk dan biaya transportasi. Sedangkan, kualitas bahan baku juga penting guna menghasilkan output yang berkualitas. Melalui pengolahan dengan menggunakan metode AHP dapat ditentukan bobot kriteria yang ditentukan berdasarkan kuisisioner. Tidak sebatas AHP, keputusan dapat dikembangkan oleh beberapa kemungkinan kondisi seperti rute transportasi dan optimalisasi harga dan kualitas menggunakan *traveling salesman problem* serta optimasi linear programming. Sehingga dapat disimpulkan bahwa keputusan pembelian kacang mede yang optimal dapat dilakukan di Pasar Solo dan Wonogiri. Dengan jumlah pembelian antara lain produk X2 yaitu Super 2 sebanyak 64 Kg di Wonogiri, X14 yaitu Super 2 sebanyak 54 Kg dan X15 yaitu Super 3 Sebanyak 4 Kg di Solo. Dengan rute perjalanan dari lokasi usaha ke Solo kemudian ke Wonogiri selanjutnya kembali lagi ke lokasi usaha.

*Kata Kunci: AHP, Optimasi, Linear Programming, Traveling Salesman Problem.*

### **1. Pendahuluan**

Persaingan di dunia usaha kian pesat. Pertumbuhan usaha-usaha baru dan perekonomian negara menjadikan rentannya industri rumahan sehingga memacu terjadinya bangkrut pada industri rumahan karena kalah bersaing. Terlebih dengan bergabungnya Indonesia di MEA. Perlu adanya solusi guna meningkatkan persaingan industri rumahan agar tetap hidup dan berkembang.

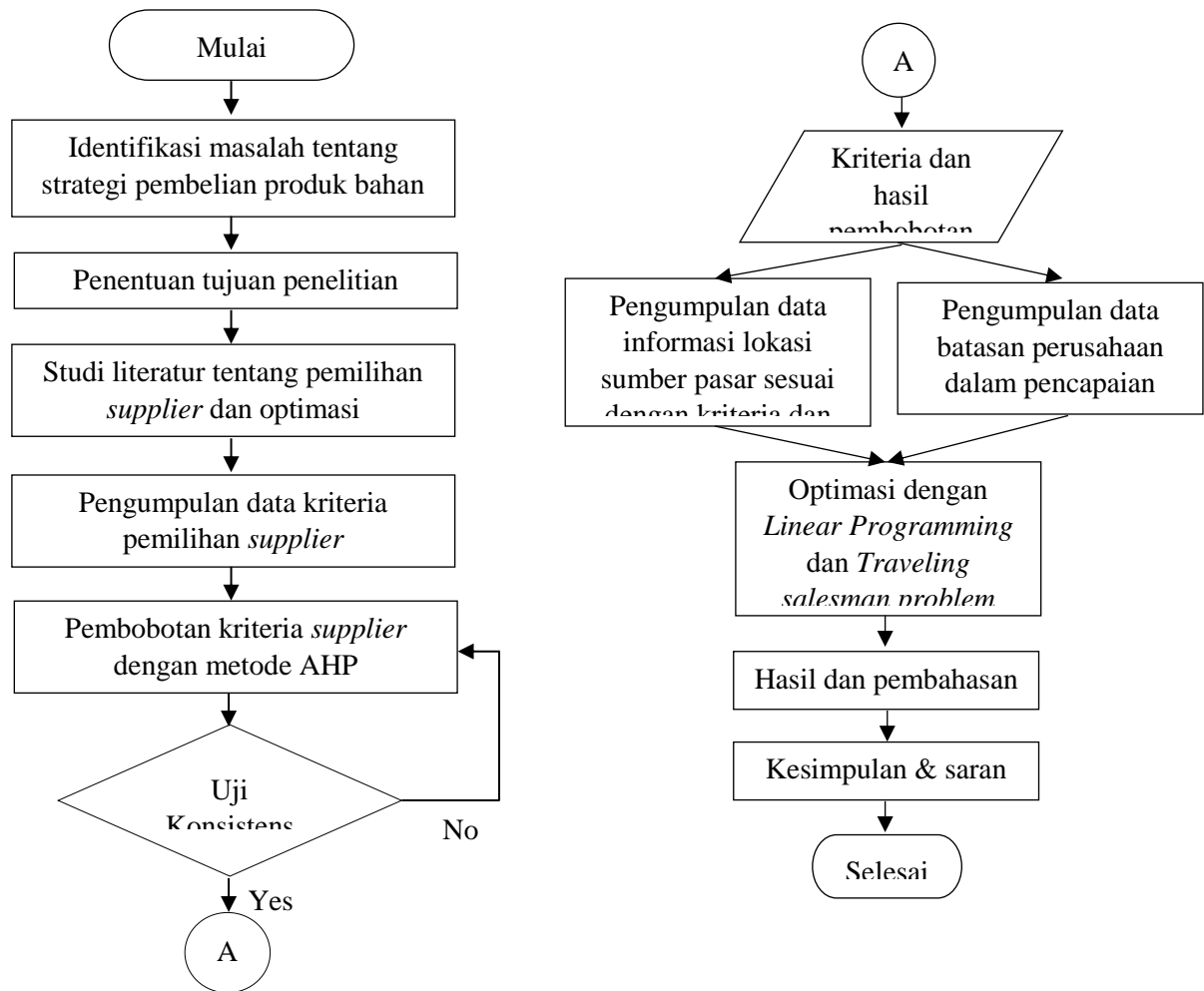
Indikator terjadinya peningkatan kinerja dalam industri rumahan salah satunya yaitu meningkatnya pemasukan maupun keuntungan. Hal ini bisa diperoleh dengan meningkatkan penjualan, harga maupun meminimalkan biaya bahan baku. Hal-hal tersebut merupakan penopang utama dalam perkembangan industri rumahan. *Home Industry* Dian merupakan salah satu produsen kue kering. Dengan sistem *make to order* produsen ini dapat dengan mudah menentukan jumlah bahan baku guna menyelesaikan pesanan sesuai jumlah. Permasalahan yang dihadapi dalam perkembangan industri rumahan ini yaitu meminimalisir biaya bahan baku utama seperti tepung, telur dan kacang mede. Dari ketiga bahan baku utama tersebut kacang mede merupakan bahan baku termahal dan sulit untuk didapatkan. *Home Industry* ini telah memiliki *supplier* dari beberapa kota diantaranya Semarang, Solo, Wongiri dan Klaten. Maka dari itu pemilihan *supplier* perlu di optimalkan.



Berdasarkan permasalahan tersebut maka, optimalisasi dengan minimasi biaya maupun optimasi keuntungan dapat dilakukan perusahaan untuk menentukan produk bahan baku yang sesuai dan optimal. Penggunaan metode AHP dan Optimasi untuk menentukan produk bahan baku yang tepat sangatlah mungkin dilakukan dengan beberapa faktor dan kriteria yang ditentukan.

## 2. Metodologi

Penelitian dilakukan di *home industry* Dian, merupakan produsen makanan berupa kue kering, bertempat di JL. Muawarman Selatan Semarang. Penelitian ini diselasikan dengan mengintegrasikan metode AHP dan Optimasi. Optimasi yang digunakan yaitu *Linear p* dan *Traveling salesman problem*. Sumber-sumber perolehan data adalah sumber data primer, meliputi obsevasi, wawancara dan kuisioner. Sedangkan sumber data sekunder diperoleh dari dokumentasi dan studi literatur.



Gambar 1. Flowchart Penelitian

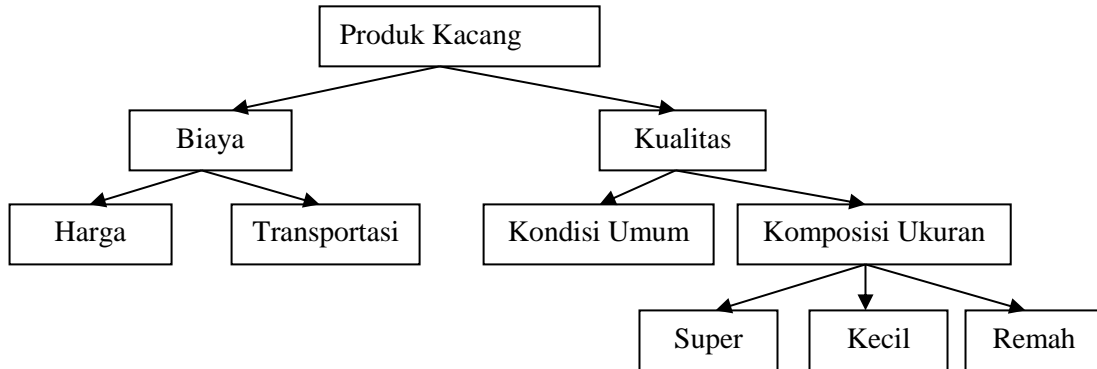




### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Penentuan Tujuan, Kriteria dan Sub Kriteria

Penentuan produk *supplier* berdasarkan kriteria-kriteria yaitu biaya dan kualitas, hal tersebut didasarkan oleh pertimbangan pemilik usaha. Biaya merupakan hal terpenting dalam jual beli, biaya digolongkan menjadi dua yaitu harga produk dan biaya transportasi. Sedangkan, kualitas bahan baku juga penting guna menghasilkan *output* yang berkualitas.



Gambar 2. Tujuan, Kriteria dan Sub Kriteria Penentuan Alternatif

#### 3.2 Pembobotan Menggunakan metode AHP

Pembobotan pada masing-masing kriteria dan sub kriteria dengan metode AHP. AHP adalah cara pengambilan keputusan yang paling efektif sebagai persoalan yang kompleks dengan jalan menyederhanakan dan mempercepat pencarian solusi. Pembobotan diawali dengan pengisian kuisioner oleh responden yaitu pemilik usaha. AHP tidak mensyaratkan jumlah responden tertentu, karena satu orang saja dapat dianggap memadai asalkan benar-benar memenuhi syarat tenaga ahli. Dalam penilaian kuisionernya akan disesuaikan dengan skala penilaian perbandingan berpasangan (Saaty, 1993).

Berdasarkan hasil pembobotan didapat bobot masing masing kriteria antara lain :

Tabel 1. Pembobotan masing-masing Sub Kriteria

Kriteria	Sub Kriteria	Bobot	
Biaya	Harga	0.444	
	Transportasi	0.222	
Kualitas	Kondisi umum	0.083	
	Komposisi Ukuran	Super	0.173
		Kecil	0.024
		Remuk/Remah	0.053

Uji Konsistensi Pengisian kuisioner oleh pemilik usaha :

- Jika  $CI = 0$ , maka pengambilan keputusan yg sangat konsisten, sedangkan  $CI > 0$ , maka pengambilan keputusan yang tidak konsisten (inkonsisten).
- Jika  $CI > 0$  harus dilihat kembali ratio CI dengan RI (RI=Random Indeks).

Berdasarkan hasil perhitungan didapat nilai CI pada perbandingan berpasangan kriteria, perbandingan sub kriteria biaya dan sub kriteria kualitas menunjukkan pengambilan keputusan yang sangat konsisten. Pada perhitungan sub kriteria komposisi ukuran menunjukkan nilai  $CI > 0$  yaitu  $CI > 0.00461$ . Maka diidentifikasi kembali ratio CI dengan RI. Nilai RI ditunjukkan pada tabel.  $CI/RI = 0.00461 / 0,58 = 0.007949$  Karena nilai  $CI/RI \leq 0,10$  maka Konsistensi sangat memuaskan.



### 3.3 Identifikasi Jenis Produk

Berdasarkan pencarian informasi dan pengalaman yang dimiliki pemilik usaha tentang jaringan dan pemasok kacang mede maka didapatkan beberapa alternatif produk kacang mede antara lain :

Tabel 2. Identifikasi Jenis Kacang Mede

Lokasi Sumber Pasar	Kode Lokasi	Jenis Produk	Simbol
Wonogiri	A	Super 1	X1
		Super 2	X2
		Kecil	X3
		Remah	X4
Semarang	B	Super 1	X5
		Super 2	X6
		Super 3	X7
		Kecil	X8
Klaten	C	Super 1	X9
		Super 2	X10
		Super 3	X11
		Kecil	X12
Solo	D	Super 1	X13
		Super 2	X14
		Super 3	X15
		Kecil	X16
		Remah	X17

### 3.4 Pengukuran Bobot Kinerja Produk

Pengukuran kinerja produk kacang mede dilakukan berdasarkan masing-masing sub kriteria:

### 3.5 Kinerja Sub Kriteria Harga

Identifikasi harga dilakukan dengan mencari informasi dari beberapa sumber maupun pengalaman atau data historis yang dimiliki.

Tabel 3. Pengukuran Kinerja Sub Kriteria Harga

Pasar	Jenis Produk	Harga / Kg	Maks /Kg	Min /Kg	Nilai	Bobot Persentase
Wonogiri	X1	80000	140000	35000	0.571	0.041
	X2	60000	12000	35000	2.087	0.148
	X3	45000	70000	35000	0.714	0.051
	X4	35000	45000	35000	1.000	0.071
Semarang	X5	110000	140000	35000	0.286	0.020
	X6	95000	140000	35000	0.429	0.030
	X7	90000	100000	35000	0.154	0.011
	X8	60000	70000	35000	0.286	0.020
Klaten	X9	90000	140000	35000	0.476	0.034
	X10	70000	12000	35000	2.522	0.179
	X11	60000	100000	35000	0.615	0.044
	X12	65000	70000	35000	0.143	0.010



Pasar	Jenis Produk	Harga / Kg	Maks /Kg	Min /Kg	Nilai	Bobot Persentase
Solo	X13	95000	140000	35000	0.429	0.030
	X14	75000	12000	35000	2.739	0.195
	X15	65000	100000	35000	0.538	0.038
	X16	50000	70000	35000	0.571	0.041
	X17	40000	45000	35000	0.500	0.036

Harga yang ada ditetapkan berdasarkan hasil survai pasar yang dilakukan pemilik usaha dan informasi dari beberapa sumber seperti internet dan komunikasi antar pengusaha serupa. Sedangkan perolehan harga maksimum dan minimum ditetapkan langsung oleh pemilik usaha sebagai batas harga maksimum dan minimum yang dikehendaki sesuai dengan kriteria. Dilakukan pembobotan perbandingan antar produk dengan kriteria *lower is better*.

### 3.6 Kinerja Sub Kriteria Biaya Transportasi

Penentuan biaya transportasi berdasarkan jarak transportasi menggunakan prinsip *traveling salesman problem* dimana dalam satu kali perjalanan perusahaan harus memenuhi seluruh kebutuhan kacang mede dengan batasan yang ditentukan dengan mempertimbangkan jarak ke beberapa lokasi sumber pasar. Pengukuran minimasi jarak dilakukan dengan *software qsbWin NET*. Di bawah ini merupakan hasil pengukuran rute terpendek dari lokasi usaha (O) ke lokasi pasar kemudian kembali lagi ke lokasi usaha (O). Jarak maksimum dan minimum diperoleh dari maksimasi jarak tempuh ke seluruh lokasi pasar.

Tabel 4. Pengukuran Kinerja Biaya transportasi

Lokasi Kunjungan	Rute	Jarak (Km)	Maks (Km)	Min	Nilai
A	OAD	302	560.3	0	0.461
B	OBD	10	560.3	0	0.982
C	ODC	232	560.3	0	0.586
D	ODD	230	560.3	0	0.590
AB	OABD	303	560.3	0	0.459
AC	OACD	316	560.3	0	0.436
AD	OADD	303.3	560.3	0	0.459
BC	OCBD	235.6	560.3	0	0.580
BD	OCDD	233	560.3	0	0.584
CD	OCDD	263.7	560.3	0	0.529
ABC	OCABD	317	560.3	0	0.434
BCD	OCBDD	266.7	560.3	0	0.524
CDA	OCADD	317.3	560.3	0	0.434
DAB	OCABD	304.3	560.3	0	0.457
ABCD	OCABDD	320.2	560.3	0	0.429

### 3.7 Kinerja Sub Kriteria Kualitas Kondisi Umum

Kualitas kondisi umum pada kacang mede, yang tergolong dalam kecacatan produk yaitu; tumbuhnya jamur pada kacang, warna kacang yang tidak lagi sesuai/kehitaman, bau yang tidak sedap dan kacang yang busuk. Data ini diperoleh dari informasi sesama rekan bisnis dan data historis terhadap produk. Sedangkan perolehan cacat produk maksimum dan minimum ditetapkan langsung oleh pemilik usaha sebagai batas maksimum dan minimum yang dikehendaki sesuai



dengan kriteria. Dilakukan pembobotan perbandingan antar produk dengan kriteria *lower is better*.

Tabel 5. Pengukuran Kinerja Sub Kriteria Kualitas Kondisi Umum Produk

Jenis Produk	Cacat Produk / Kg	Maks /Kg	Min /Kg	Nilai	Bobot Prosentase
X1	0.02	0.1	0	0.8	0.059
X2	0.02	0.1	0	0.8	0.059
X3	0.05	0.1	0	0.5	0.037
X4	0.05	0.1	0	0.5	0.037
X5	0	0.1	0	1	0.074
X6	0	0.1	0	1	0.074
X7	0	0.1	0	1	0.074
X8	0.02	0.1	0	0.8	0.059
X9	0.01	0.1	0	0.9	0.066
X10	0.01	0.1	0	0.9	0.066
X11	0.01	0.1	0	0.9	0.066
X12	0.05	0.1	0	0.5	0.037
X13	0	0.1	0	1	0.074
X14	0	0.1	0	1	0.074
X15	0	0.1	0	1	0.074
X16	0.05	0.1	0	0.5	0.037
X17	0.05	0.1	0	0.5	0.037

### 3.8 Kinerja Sub Kriteria Kualitas Ukuran

Ukuran pada kacang mede dibagi atas tiga golongan yaitu super, kecil dan remah. Kondisi ini disebabkan oleh komposisi ukuran mede disetiap pembelian. Ukuran ini digolongkan perusahaan guna kebutuhan produksi dan fungsi kacang mede yang berbeda yaitu untuk produksi kacang mede goreng dengan fariansi rasa, serta campuran adonan kue. Untuk kacang mede goreng membutuhkan kacang dengan ukuran super sebagai bahan baku utama dan ukuran kecil sebagai toleransi kualitas *output* produk. Sedangkan, untuk campuran kue menggunakan kacang mede ukuran remah. Kacang ukuran remah dapat diperoleh selain dari kacang yang asli remah, juga bisa didapat dari meremahkan kacang ukuran super dan kecil.

Berikut spesifikasi komposisi produk terkait dengan ukuran dan kondisi komposisi produk:

Tabel 6. Pengukuran Kinerja Sub Kriteria Ukuran Kacang Mede

Jenis Produk	Komposisi					
	Super		Kecil		Remah	
	Nilai (Kg)	Bobot Presentase	Nilai (Kg)	Bobot Presentase	Nilai (Kg)	Bobot Presentase
X1	0.85	0.090	0.1	0.023	0.05	0.016
X2	0.7	0.074	0.2	0.047	0.1	0.031
X3	0	0	0.9	0.209	0.1	0.031
X4	0	0	0	0	1	0.310
X5	0.975	0.103	0	0	0.025	0.008
X6	0.9	0.095	0	0	0.1	0.031
X7	0.85	0.090	0.05	0.012	0.1	0.031
X8	0	0	0.9	0.209	0.1	0.031
X9	0.9	0.095	0.05	0.012	0.05	0.016
X10	0.8	0.084	0.1	0.023	0.1	0.031



Jenis Produk	Komposisi					
	Super		Kecil		Remah	
	Nilai (Kg)	Bobot Presentase	Nilai (Kg)	Bobot Presentase	Nilai (Kg)	Bobot Presentase
X11	0.8	0.084	0.15	0.035	0.05	0.016
X12	0	0	0.85	0.198	0.15	0.047
X13	0.95	0.100	0	0	0.05	0.016
X14	0.9	0.095	0	0	0.1	0.031
X15	0.85	0.090	0.05	0.012	0.1	0.031
X16	0	0	0.95	0.221	0.05	0.016
X17	0	0	0	0	1	0.310

### 3.9 Total Bobot Sementara

Total bobot sementara bertujuan sebagai keuntungan atau koefisien pada fungsi tujuan, kemudian akan dilakukan proses optimasi *linear programming*. Total bobot sementara diperoleh dari akumulasi bobot prosentase dikali dengan masing-masing bobot sub kriteria, Kecuali pada biaya transportasi. Berikut merupakan bobot sementara :

Tabel 7. Akumulasi Pembobotan Sementara

Produk	Harga	Kondisi Umum	Super	Kecil	Remah	Total Bobot Sementara
X1	0.041	0.059	0.090	0.023	0.016	0.040
X2	0.148	0.059	0.074	0.047	0.031	0.086
X3	0.051	0.037	0	0.209	0.031	0.032
X4	0.071	0.037	0	0	0.310	0.051
X5	0.020	0.074	0.103	0	0.008	0.033
X6	0.030	0.074	0.095	0	0.031	0.038
X7	0.011	0.074	0.090	0.012	0.031	0.028
X8	0.020	0.059	0	0.209	0.031	0.021
X9	0.034	0.066	0.095	0.012	0.016	0.038
X10	0.179	0.066	0.084	0.023	0.031	0.102
X11	0.044	0.066	0.084	0.035	0.016	0.041
X12	0.010	0.037	0	0.198	0.047	0.015
X13	0.030	0.074	0.100	0	0.016	0.038
X14	0.195	0.074	0.095	0	0.031	0.111
X15	0.038	0.074	0.090	0.012	0.031	0.041
X16	0.041	0.037	0	0.221	0.016	0.027
X17	0.036	0.037	0	0	0.310	0.035

### 3.10 Optimasi *Linear Programming*

*Linear Programming* menggunakan model matematis untuk menjelaskan persoalan yang dihadapi. Dalam studi kasus ini optimasi dilakukan pada setiap kemungkinan kunjungan perusahaan ke lokasi sumber pasar atau beberapa pasar. Optimasi dipengaruhi oleh sub kriteria kecuali biaya transportasi, karena pada biaya transportasi dilakukan pemecahan masalah dengan metode *traveling salesmen problem* yang mana memungkinkan jarak tersingkat untuk sekali perjalanan. Berikut merupakan formulasi optimasi setiap kemungkinan kunjungan ke lokasi sumber pasar.

Fungsi Tujuan Maksimasi Z :



$$Z = 0.040 X_1 + 0.086 X_2 + 0.032 X_3 + 0.051 X_4 + 0.033 X_5 + 0.038 X_6 + 0.028 X_7 + 0.021 X_8 + 0.038 X_9 + 0.102 X_{10} + 0.041 X_{11} + 0.015 X_{12} + 0.038 X_{13} + 0.111 X_{14} + 0.041 X_{15} + 0.027 X_{16} + 0.035 X_{17} \quad (1)$$

Batasan (*constraint*)

$$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, X_{11}, X_{12}, X_{13}, X_{14}, X_{15}, X_{16}, X_{17} \geq 0 \quad (2)$$

$$80000 X_1 + 60000 X_2 + 45000 X_3 + 35000 X_4 + 110000 X_5 + 95000 X_6 + 90000 X_7 + 90000 X_8 + 70000 X_9 + 60000 X_{10} + 60000 X_{11} + 65000 X_{12} + 95000 X_{13} + 75000 X_{14} + 65000 X_{15} + 50000 X_{16} + 40000 X_{17} \leq 8000000 \quad (3)$$

$$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} + X_{11} + X_{12} + X_{13} + X_{14} + X_{15} + X_{16} + X_{17} = 120 \quad (4)$$

$$0.85 X_1 + 0.7 X_2 + 0.975 X_5 + 0.9 X_6 + 0.85 X_7 + 0.9 X_9 + 0.8 X_{10} + 0.8 X_{11} + 0.95 X_{13} + 0.9 X_{14} + 0.85 X_{15} \leq 120 \quad (5)$$

$$0.85 X_1 + 0.7 X_2 + 0.975 X_5 + 0.9 X_6 + 0.85 X_7 + 0.9 X_9 + 0.8 X_{10} + 0.8 X_{11} + 0.95 X_{13} + 0.9 X_{14} + 0.85 X_{15} \geq 95 \quad (6)$$

$$0.1 X_1 + 0.2 X_2 + 0.9 X_3 + 0.05 X_7 + 0.9 X_8 + 0.05 X_9 + 0.1 X_{10} + 0.15 X_{11} + 0.85 X_{12} + 0.05 X_{15} + 0.95 X_{16} \leq 25 \quad (7)$$

$$0.05 X_1 + 0.1 X_2 + 0.1 X_3 + X_4 + 0.025 X_5 + 0.1 X_6 + 0.1 X_7 + 0.1 X_8 + 0.05 X_9 + 0.1 X_{10} + 0.05 X_{11} + 0.15 X_{12} + 0.05 X_{13} + 0.1 X_{14} + 0.1 X_{15} + 0.05 X_{16} + X_{17} \leq 20 \quad (8)$$

$$0.02 X_1 + 0.02 X_2 + 0.05 X_3 + 0.05 X_4 + 0.02 X_8 + 0.01 X_9 + 0.01 X_{10} + 0.01 X_{11} + 0.05 X_{12} + 0.05 X_{16} + 0.05 X_{17} \leq 8 \quad (9)$$

Penjelasan :

Batasan pertama, menunjukkan bahwa nilai X tidak boleh kurang dari nol (0) atau harus lebih dari nol (0). Karena dalam satuan pembelian produk pada umumnya tidak berjumlah negatif. Batasan kedua, Menunjukkan bahwa atau alokasi dana yang diberikan untuk membeli kacang mede maksimal yaitu Rp. 8.000.000,- dan tidak boleh lebih. Batasan ketiga, Menunjukkan bahwa total kebutuhan produk kacang mede yaitu 120 Kg. Batasan ke empat dan kelima, menunjukkan kacang mede super harus lebih besar 95 Kg dan kurang dari 120 Kg, Kebutuhan kacang mede ukuran super yaitu 100 Kg, namun perusahaan memberi toleransi 5 % atau 5 Kg dari komposisi ukuran super boleh tercampur dengan ukuran kecil sebanyak 5 Kg. 120 Kg ditentukan karena ada maksimal kemungkinan bahwa remahan dapat diperoleh dari kacang mede super yang di remahkan sendiri.

Batasan keenam menunjukkan bahwa kacang mede kecil maksimal yaitu 25 Kg, didapat dari kelonggaran kacang mede ukuran super ditambah dengan kemungkinan kacang mede kecil yang dapat diremahkan sendiri yaitu 20 Kg. Batasan ketujuh, menunjukkan bahwa kacang mede remah tidak boleh lebih dari 20 Kg, karena kebutuhan hanya 20Kg tidak boleh lebih. Batasan kedelapan menunjukkan bahwa kacang mede yang busuk tidak boleh lebih dari 8 Kg.



Hasil Optimasi *Linear Programming* :

Tabel 8. Perhitungan Hasil Optimasi Menggunakan *Software qsbWin*

Sumber Pasar	Produk quantity (Kg)	Z	Maks	Min	Nilai
A		Tidak ada solusi optimal	13.297	1.773	-
B		Tidak ada solusi optimal	13.297	1.773	-
C	X10 = 80 X11 = 40	9.814	13.297	1.773	0.698
D	X14 = 45.35 X15 = 63.75 X16 = 1.91 X17 = 8.99	7.983	13.297	1.773	0.539
AB		Tidak ada solusi optimal	13.297	1.773	-
AC	X2 = 10 X10 = 80 X11 = 30	10.266	13.297	1.773	0.737
AD	X2 = 64 X14 = 52 X15 = 4	11.453	13.297	1.773	0.840
BC	X10 = 80 X11 = 40	9.814	13.297	1.773	0.698
BD	X14 = 45.35 X15 = 63.75 X16 = 1.91 X17 = 8.99	7.983	13.297	1.773	0.539
CD	X10 = 82.5 X11 = 36.25 X17 = 1.25	9.959	13.297	1.773	0.710
ABC	X2 = 10 X10 = 80 X11 = 30	10.266	13.297	1.773	0.737
BCD	X10 = 82.5 X11 = 36.25 X17 = 1.25	9.959	13.297	1.773	0.710
CDA	X10 = 82.5 X11 = 36.25 X17 = 1.25	9.959	13.297	1.773	0.710
DAB	X14 = 45.35 X15 = 63.75 X16 = 1.91 X17 = 8.99	7.983	13.297	1.773	0.539
ABCD	X2 = 63.33 X11 = 3.34 X14 = 53.33	11.529	13.297	1.773	0.847

Hasil optimasi *linear programming* menghasilkan *output* data berupa nilai Z dengan rincian berupa *quantity* produk. Z merupakan hasil maksimal keuntungan pada setiap kemungkinan rute kunjungan. Dari hasil pengolahan LP setiap rute kunjungan, diketahui bahwa pada rute kunjungan ke lokasi sumber pasar A, B dan AB tidak memiliki nilai optimal atau tidak dapat



memenuhi kebutuhan kacang mede sesuai dengan batasan yang ada. Sehingga pada proses pengambilan keputusan akhir yang mempertimbangkan sub kriteria biaya transportasi, lokasi pasar tersebut dieliminasi atau tidak ikut serta dalam pertimbangan.

### 3.11 Penentuan Produk Kacang Mede

Penentuan produk dilakukan dengan menggabungkan hasil dari optimasi *Linear Programming* dengan minimasi biaya transportasi. Bobot biaya transportasi senilai 0.2222 sedangkan hasil optimasi senilai dengan 0,77778.

Taabel 9. Perhitungan Penentuan Produk Kacang Mede

Rute Lokasi	Biaya transportasi		Optimasi Z		Total
	Nilai	Bobot Prosentse	Nilai	Bobot Prosentase	
OCO	0.586	0.097	0.698	0.084	0.087
ODO	0.590	0.098	0.539	0.065	0.072
OCAO	0.436	0.072	0.737	0.089	0.085
ODAO	0.459	0.076	0.840	0.101	0.096
OCBO	0.580	0.096	0.698	0.084	0.087
ODBO	0.584	0.097	0.539	0.065	0.072
ODCO	0.529	0.088	0.710	0.086	0.086
OCABO	0.434	0.072	0.737	0.089	0.085
OCDBO	0.524	0.087	0.710	0.086	0.086
OCADO	0.434	0.072	0.710	0.086	0.082
ODABO	0.457	0.076	0.539	0.065	0.067
OCADBO	0.429	0.071	0.847	0.102	0.095

## 4. Kesimpulan dan Saran

Adapun kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan hasil dan pembahasan bahwa keputusan pembelian kacang mede yang optimal dapat dilakukan di Pasar D dan A yaitu Solo Wonogiri. Dengan jumlah pembelian antara lain produk X2 yaitu Super 2 sebanyak 64 Kg di Wonogiri, X14 yaitu Super 2 sebanyak 54 Kg dan X15 yaitu Super 3 Sebanyak 4 Kg di Solo. Dangan rute perjalanan dari lokasi usaha ke Solo kemudian ke Wonogiri selanjutnya kembali lagi ke lokasi usaha.

Berdasarkan penelitian yang dilakuka di *home industry* Dian , terdapat beberapa saran untuk kemajuan penelitian selanjutnya. Untuk penelitian lebih lanjut, guna mempertimbangkan pembelian bahan baku yang lain dalam sekali perjalanan. Memperhatikan keakuratan produk yang ditawarkan, karena ada kemungkinan perubahan produk yang diproduksi penjual kacang mede setiap tahunnya. Dalam penyelesaian penentuan jarak perlu dipertimbangkan kemungkinan kondisi jalan dan rute alternatif.

### Daftar Pustaka

- Cousins, P, et. al, 2008, *Strategic Supply Management*, Prentice Hall Financial Times, UK.  
 Dimiyati, A., 2013, *Operations Research Model- Model Pengambilan Keputusan*, Sinar Baru Algensindo, Bandung.  
 Ghodsypour, S., H., 1998, A decision support system, for supplier selection using an integrated analytic hierarchy process and linear programming, *Journal Elsevier, Int. J Production Economics*  
 Peta Jarak Tempuh & Rute Perjalanan, akses online 20 Agustus 2016, URL : <http://www.jaraktempuh.com/>.  
 Putri, A., K., 2016, *Tugas Akhir: Analisis Performansi Kinerja Perusahaan dengan Metode Supply Chain Operation Reference (SCOR) dan Analytical Hierarchy Process (AHP)*,





- Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Sultan Agung, Semarang.
- Saaty, Thomas L., 1993, Pengambilan Keputusan Bagi Para Pemimpin, PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Said, A., et al., 2006, *Produktivitas dan Efisiensi dengan Supply Chain Management*, PPM, Jakarta
- Welda, 2006, Pemilihan Tanaman Pangan Unggulan Kotamadya Cilegon Menggunakan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). STIMIK MDP, Pematang.



## **Pengembangan Model dalam Menentukan Pedoman Rencana Kerja (PRK) (Studi Kasus PLTU Paiton Baru)**

**Dina Tauhida, Andi Rahadiyan Wijaya**

Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281  
Telp. 082227926673  
E-mail: dinatauhida@gmail.com

### **Intisari**

*PT. PLN UPJB (Perusahaan Pembangkit Listrik Negara Unit Pembangkitan Jawa Bali) merupakan manajer aset yang mengelola Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton Baru. Dalam melaksanakan operasi dan pemeliharaan aset, PLTU Paiton Baru memiliki tugas untuk membuat anggaran yang disebut Pedoman Rencana Kerja (PRK). Maka tugas manajer aset bertanggung jawab dalam keputusan penentuan PRK PLTU Paiton Baru dengan mempertimbangkan KPI, kinerja dan dependability pembangkit. Dalam menentukan PRK, perusahaan belum memiliki tools tertentu, sehingga perlu adanya pengembangan model matematis untuk mengetahui hubungan PRK dengan KPI, kinerja, dan dependability PLTU Paiton Baru. Pengembangan model pada penelitian ini menggunakan Partial Least Square (PLS), kemudian melakukan validasi model dengan cross-validation. Dari validasi yang dilakukan dapat dihitung nilai error menggunakan MAPE. Selain MAPE, parameter lain yang digunakan adalah R-Squared (software dan manual). Pemilihan model dilakukan menggunakan nilai MAPE terkecil untuk setiap variabel, pemilihan model selanjutnya menggunakan metode Analytic Hierarchy Process (AHP) dengan parameter R-Squared (software dan manual). Pemilihan model yang terakhir menggunakan Pareto optimal solution dengan kombinasi parameter MAPE dan R-Squared (software dan manual). Dari hasil validasi pengembangan model, didapatkan MAPE dengan error yang beragam, untuk error terkecil bernilai 12.35%. Kemudian nilai R-Squared software tertinggi bernilai 0.99 dan nilai R-Squared perhitungan manual tertinggi bernilai 0.83.*

*Kata Kunci: Model Regresi, Partial Least Square, AHP, Pareto Optimal Solution*

### **1. Pendahuluan**

PT. PLN UPJB bertugas mengelola sistem aset dengan tujuan optimalisasi risiko, biaya dan kinerja, salah satu aset pembangkit Jawa – Bali yang dikelola oleh PT. PLN UPJB adalah Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Paiton Baru (unit 9) yang memiliki kapasitas 660 MW (PT. PLN UPJB, 2014). Berdasarkan kewajiban serta tugas tersebut maka PLTU Paiton Baru dituntut untuk menjaga aset pembangkit yang dimiliki agar dapat terus digunakan dengan mengoptimalkan kinerja aset tersebut dengan pengawasan PT. PLN UPJB. Dalam mengoptimalkan kinerja aset, PLTU Paiton Baru memiliki tugas untuk menentukan biaya operasi dan pemeliharaan aset. Hal tersebut dilakukan dengan menghitung Pedoman Rencana Kerja (PRK) sebagai acuan anggaran. PRK merupakan rencana anggaran untuk biaya pemeliharaan pembangkit di PLTU Paiton Baru yang kemudian akan dipertimbangkan oleh PT. PLN UPJB sebagai manajer aset. Berdasarkan wawancara kepada pihak perusahaan mengenai penentuan PRK, manajer aset belum memiliki acuan tertentu dan hanya berdasarkan biaya operasi serta



pemeliharaan aktual dari tahun sebelumnya dan pengajuan dari masing – masing unit departemen. Kemudian anggaran yang diserap juga tidak sesuai dengan PRK yang dibuat.

Penelitian terkait pemeliharaan dalam beberapa dekade lalu telah berevolusi hingga dipandang dari sudut pandang yang lebih holistik (Dunn, 2003), bahkan telah terjadi integrasi manajemen aset produksi dan manajemen pemeliharaan (Peterson, 1999). Dengan adanya integrasi serta fokus yang berbeda pada manajemen pemeliharaan, maka diperlukan suatu pengukuran kinerja pemeliharaan untuk menunjang proses bisnis perusahaan. Pada penelitian Garg dan Deshmukh (2006) diungkapkan bahwa tanpa melakukan pengukuran performansi akan sulit untuk mengetahui apakah kinerja tersebut membaik atau semakin buruk dan menjadi lebih sulit untuk diperbaiki.

Septiani et al. (2012) melakukan pengukuran kinerja perawatan lokomotif dengan *Maintenance Scorecard* pada PT. Kereta Api Indonesia Dipo Jatinegara. Metode *Maintenance Scorecard* merupakan pendekatan komprehensif dalam membangun dan mengimplementasikan strategi manajemen aset yang digunakan untuk membantu operator, pemilik, dan manajer aset untuk mengelola aset-aset perusahaan. Pada penelitian Taufik (2014) dilakukan pengukuran kinerja aktivitas pemeliharaan pada Pembangkit Listrik Tenaga Air Maninjau dengan metode *Maintenance Scorecard* disertai dengan AHP sebagai *improvement* dari penelitian Septiani et al. (2012) untuk membobotkan KPI dan mengukur kinerja perusahaan, sedangkan pada Pranantyo (2013) indikator yang digunakan merupakan indikator dasar dalam pengelolaan *asset* dan *maintenance*, yaitu *Reliability, Availability, Maintainability, and Safety* (RAMS). Pranantyo melakukan penelitian di PT. Mekar Armada Jaya menggunakan pengembangan model *Proactive Reliability Maintenance* dan *Inherent Safety Cost* yang bertujuan untuk menguraikan parameter biaya secara rinci.

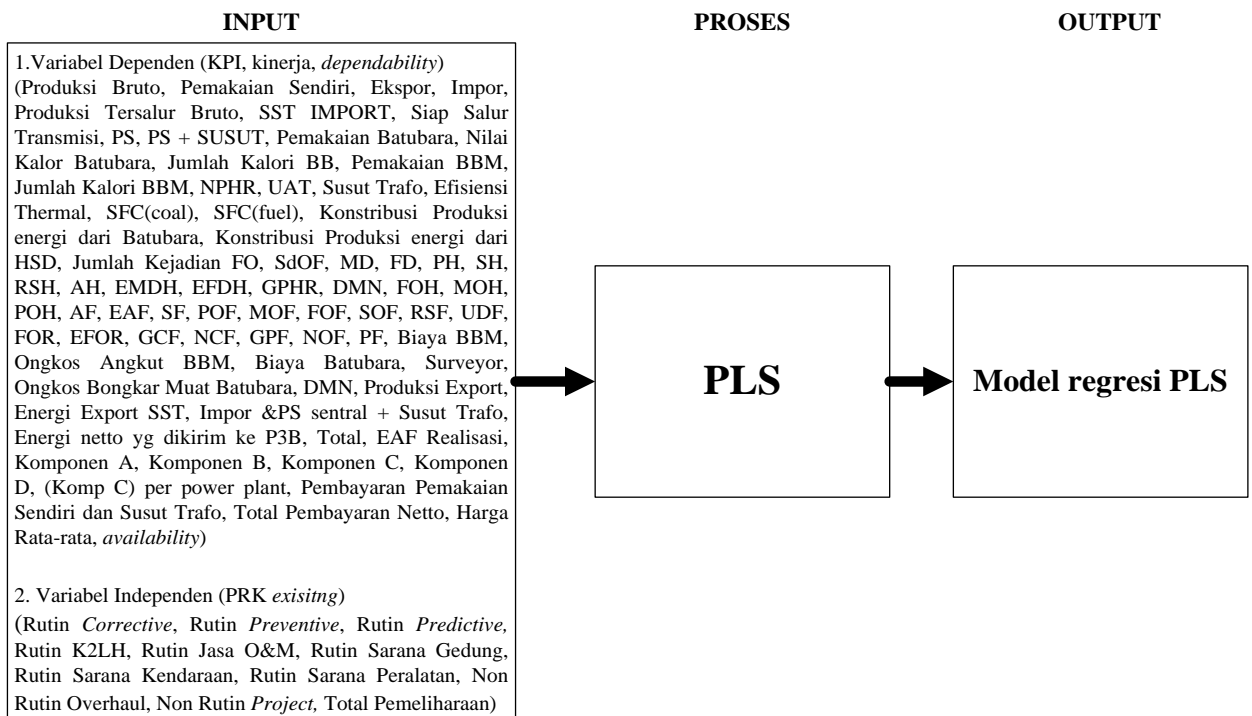
Beberapa penelitian terkait masih belum mengintegrasikan KPI, kinerja dengan pembuatan anggaran pemeliharaan sehingga perencanaan pemeliharaan terkait dengan biaya biasanya menimbulkan anggaran yang besar. Sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut dalam menentukan PRK agar dapat memprediksi biaya untuk pemeliharaan pembangkit dengan membuat model matematis yang mempertimbangkan variabel KPI, kinerja, dan *dependability*. Penentuan PRK ini dilakukan dengan mempertimbangkan hasil dan pengaruh pada variabel KPI, kinerja, dan *dependability*, sehingga manajer aset dapat membuat keputusan untuk PRK berikutnya.

## 2. Metodologi

Penelitian ini berfokus pada perhitungan Pedoman Rencana Kerja (PRK) dengan membangun model regresi menggunakan metode *Partial Least Square* (PLS). PLS dapat digunakan ketika distribusi normal tidak dapat dicapai, ukuran sampel yang kecil dengan kombinasi model yang kompleks (Venaik et al, 2005). Pembangunan model PRK berdasar pada KPI dan kinerja pada PLTU Paiton Baru dengan bantuan *software* XLSTAT 2014. Kemudian dalam melakukan pemilihan model *Analytic Hierarchy Process* (AHP) menggunakan bantuan *software online* yang beralamat di [www.decisionsupporter.com](http://www.decisionsupporter.com).

Tahapan penelitian dimulai dengan pengumpulan studi literatur penelitian sejenis mengenai KPI, kinerja, dan *dependability*, pemodelan menggunakan metode PLS, serta pemilihan model menggunakan AHP. Kemudian melakukan perumusan masalah berdasar dari pengamatan di perusahaan dan studi literatur yang telah dilakukan. Selanjutnya melakukan pengumpulan data berupa data kinerja pembangkit tahun 2014 – Juni 2015 dan data Pedoman Rencana Kerja (PRK) tahun 2014 – 2015 pada PLTU Paiton Baru. Variabel yang digunakan untuk penelitian ini sejumlah 71 variabel (KPI, kinerja, dan *dependability*) sebagai variabel dependen dan 11 variabel PRK sebagai variabel independen. Gambar 1. merupakan gambaran variabel yang digunakan sebagai input pada penelitian ini.





Gambar 1 Gambaran Variabel Penelitian

Data variabel dependen dan independen yang didapat dijadikan satuan triwulan sehingga berjumlah 6 triwulan, kemudian data ditransformasi untuk menyamakan satuan. Gambar 1, merupakan gambaran proses pembangunan model regresi menggunakan metode PLS yang merupakan inti dasar pembuatan penelitian ini. Pembangunan model PLS tersebut berdasarkan 6 triwulan data sehingga akan dihasilkan 6 kombinasi model. Kombinasi model tersebut berdasarkan metode *cross validation*,  $\frac{2}{3}$  data sebagai *training set* sebanyak 4 data triwulan untuk pembuatan dan  $\frac{1}{3}$  data sebagai *validation set* sebanyak 2 data triwulan untuk validasi model (Szymanska *et al.*, 2012). Dari 6 kombinasi model yang didapatkan nantinya akan dipilih berdasarkan parameter *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dan R-Squared, maka dari itu setelah melakukan *cross validation* model dapat dihitung nilai *error* nya menggunakan MAPE. MAPE dihasilkan dari presentase selisih data nilai aktual variabel dependen dengan estimasi variabel dependen yang diabsolutkan kemudian dirata – rata. Pemilihan model yang pertama adalah dengan memilih nilai MAPE terkecil pada setiap variabel dependen sebagai alternatif model bagi manajer aset. Persamaan 1 merupakan formula untuk menghitung nilai MAPE.

$$MAPE (\%) = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \left| \left( \frac{Y - \hat{Y}}{Y} \right) \times 100 \right| \quad (1)$$

Keterangan:

n = jumlah data

Y = Nilai data aktual variabel dependen

$\hat{Y}$  = Nilai estimasi variabel dependen

Setelah menghitung MAPE, kemudian menghitung nilai R-Squared ( $R^2$ ),  $R^2$  adalah statistika deskriptif yang mengukur proporsi dari "varians" variabel dependen yang dijelaskan oleh *explanatory variable* terkait (kecuali yang bernilai konstan) (Dufour, 2011). Nilai R-Squared



didapatkan dari hasil perhitungan model PLS menggunakan *software* XLSTAT 2014 dan dari perhitungan manual. Perhitungan nilai R-Squared menggunakan formula pada persamaan 2.

$$R^2 = \frac{SS_{regression}}{SS_{Total}} = \frac{\sum(\hat{Y} - \bar{Y})^2}{\sum(Y_i - \hat{Y})^2 + \sum(\hat{Y} - \bar{Y})^2} \quad (2)$$

Keterangan:

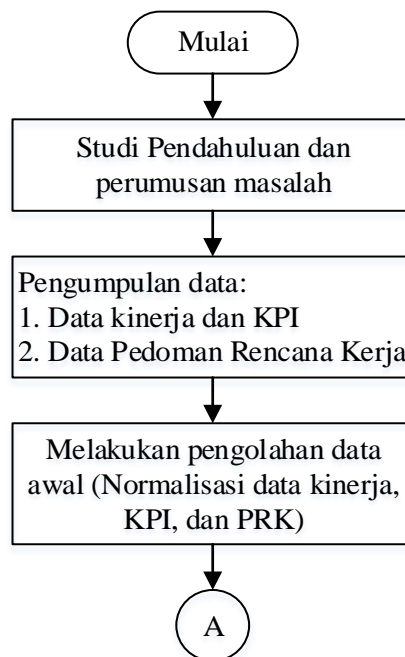
$Y_i$  = Nilai data aktual variabel dependen

$\hat{Y}$  = Nilai estimasi variabel dependen

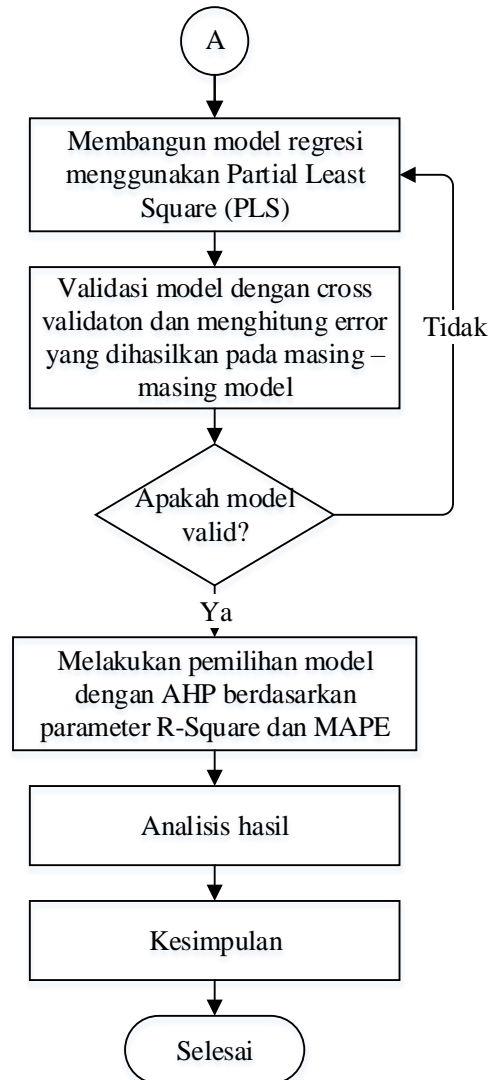
$\bar{Y}$  = Nilai estimasi variabel dependen

Nilai R-Squared digunakan untuk memilih model PLS menggunakan AHP berdasarkan parameter R-Squared *software* dan manual dengan bobot bernilai 1 karena memiliki kepentingan yang sama, sehingga didapatkan alternatif model kedua untuk pertimbangan manajer aset. Pemilihan model yang ketiga dipilih berdasarkan parameter R-Squared (*software* dan manual) disertai parameter MAPE terkecil menggunakan metode *Pareto optimal solution*. Sehingga didapatkan tiga pilihan untuk model terbaik berdasarkan MAPE terkecil, R-Squared *software* dan R-Squared manual terbesar, dan kombinasi MAPE terkecil dengan R-Squared (*software* dan manual) terbesar. Model yang dihasilkan berfungsi sebagai *tools* untuk memprediksi kenaikan atau penurunan nilai dari variabel dependen (KPI, kinerja, & *dependability*) apabila nilai variabel independen yang berupa data PRK diubah – ubah. Sehingga manajer aset dapat memperkirakan apakah terjadi kenaikan atau penurunan pada nilai KPI, kinerja, & *dependability* serta membuat keputusan apakah PRK yang telah dibuat sebelumnya sesuai dengan kriteria yang diinginkan.

Tahapan penelitian digambarkan pada Gambar 2.



Gambar 2 Tahapan Penelitian



Gambar 2 Tahapan Penelitian (Lanjutan)

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a. Pemrosesan Data Awal

Pemrosesan data awal yang dimaksud adalah mentransformasi data dengan melakukan normalisasi. Normalisasi data dilakukan karena pada tiap variabel *dependent* (Kinerja dan KPI) dan *independent* (PRK) memiliki rentang nilai yang berbeda.

#### b. Pembuatan Model

Model dibangun menggunakan metode *Partial Least Square* (PLS) dengan data yang telah dinormalisasi dengan  $\frac{2}{3}$  data dari data keseluruhan menggunakan bantuan *Software XLSTAT* 2014. Berikut ini merupakan salah satu contoh model yang dihasilkan dengan variabel *dependent* “Produksi Bruto”:

##### a. Model 1

Model 1 terbentuk dari data triwulan 1, 2, 3, dan 4. Berikut ini merupakan model 1 variabel Produksi Bruto:



Produksi Bruto =  $-0.49702 - 0.10042 * \text{Rutin Corrective} + 1.34030 * \text{Rutin Preventive} + 0.18493 * \text{Rutin Predictive} - 1.15228 * \text{Rutin K2LH} + 0.01603 * \text{Rutin Jasa O\&M} + 4.33500 * \text{Non Rutin Overhaul} + 0.04482 * \text{Non Rutin Project} + 0.26359 * \text{Total Pemeliharaan}$

b. Model 2

Model 2 terbentuk dari data triwulan 2, 3, 4, dan 5. Berikut ini merupakan model 2 variabel Produksi Bruto:

Produksi Bruto =  $0.78885 - 0.21854 * \text{Rutin Corrective} + 0.30657 * \text{Rutin Preventive} - 0.22238 * \text{Rutin Predictive} - 0.03567 * \text{Rutin K2LH} + 0.02262 * \text{Rutin Jasa O\&M} - 0.02474 * \text{Rutin Sarana Gedung} - 0.02474 * \text{Rutin Sarana Kendaraan} + 0.03064 * \text{Rutin Sarana Peralatan} + 0.05626 * \text{Non Rutin Overhaul} + 0.20043 * \text{Non Rutin Project} + 0.03773 * \text{Total Pemeliharaan}$

c. Model 3

Model 3 terbentuk dari data triwulan 3, 4, 5, dan 6. Berikut ini merupakan model 3 variabel Produksi Bruto:

Produksi Bruto =  $0.83379 + 0.02156 * \text{Rutin Corrective} - 0.06696 * \text{Rutin Preventive} + 0.01059 * \text{Rutin Predictive} + 0.04641 * \text{Rutin K2LH} + 0.02183 * \text{Rutin Jasa O\&M} + 0.01226 * \text{Rutin Sarana Gedung} + 0.01226 * \text{Rutin Sarana Kendaraan} - 0.02100 * \text{Rutin Sarana Peralatan} - 0.05944 * \text{Non Rutin Overhaul} + 0.03686 * \text{Non Rutin Project} + 0.00223 * \text{Total Pemeliharaan}$

d. Model 4

Model 4 terbentuk dari data triwulan 4, 5, 6, dan 1. Berikut ini merupakan model 4 variabel Produksi Bruto:

Produksi Bruto =  $0.77322 - 0.17055 * \text{Rutin Corrective} + 0.12152 * \text{Rutin Preventive} + 0.35123 * \text{Rutin Predictive} - 0.00872 * \text{Rutin K2LH} - 0.28308 * \text{Rutin Jasa O\&M} - 0.04054 * \text{Rutin Sarana Gedung} - 0.04054 * \text{Rutin Sarana Kendaraan} + 0.04666 * \text{Rutin Sarana Peralatan} + 0.08396 * \text{Non Rutin Overhaul} - 0.37605 * \text{Non Rutin Project} + 0.02093 * \text{Total Pemeliharaan}$

e. Model 5

Model 5 terbentuk dari data triwulan 5, 6, 1, dan 2. Berikut ini merupakan model 5 variabel Produksi Bruto:

Produksi Bruto =  $0.57596 + 0.00822 * \text{Rutin Corrective} - 0.14418 * \text{Rutin Preventive} + 0.21970 * \text{Rutin Predictive} + 0.26882 * \text{Rutin K2LH} - 0.18442 * \text{Rutin Jasa O\&M} - 0.13184 * \text{Rutin Sarana Gedung} - 0.13184 * \text{Rutin Sarana Kendaraan} + 0.12103 * \text{Rutin Sarana Peralatan} - 0.01289 * \text{Non Rutin Overhaul} - 0.24785 * \text{Non Rutin Project} + 0.20459 * \text{Total Pemeliharaan}$

f. Model 6

Model 6 terbentuk dari data triwulan 6, 1, 2, dan 3. Berikut ini merupakan model 6 variabel Produksi Bruto:

Produksi Bruto =  $0.60168 - 0.06249 * \text{Rutin Corrective} + 0.06163 * \text{Rutin Preventive} - 0.08171 * \text{Rutin Predictive} - 0.27503 * \text{Rutin K2LH} + 0.00877 * \text{Rutin Jasa O\&M} - 0.02478 * \text{Rutin Sarana Gedung} - 0.02478 * \text{Rutin Sarana Kendaraan} + 0.02478 * \text{Rutin Sarana Peralatan} + 0.02645 * \text{Non Rutin Overhaul} + 0.03371 * \text{Non Rutin Project} + 0.06530 * \text{Total Pemeliharaan}$

c. Validasi Model

Validasi dilakukan untuk mengetahui akurasi dari model yang dibangun, apakah model sudah cukup merepresentasikan kinerja dan KPI berdasarkan PRK yang dibuat. Metode validasi yang digunakan adalah *cross validation* (validasi silang) menggunakan  $\frac{1}{3}$  data yang telah dipisah sebelumnya. Perhitungan *error* yang digunakan untuk membandingkan hasil validasi dengan data asli adalah metode *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE).

Hasil perhitungan MAPE memiliki nilai yang beragam dan MAPE terkecil jatuh pada model yang berbeda – beda. Nilai MAPE yang baik diharapkan kurang dari 20% atau bahkan kurang dari 10%. Variabel yang memiliki nilai MAPE di bawah 20% adalah variabel “Import (kWh ke Pembangkit)”, “Nilai Kalor Batubara”, “NPHR”, “GPHR”, “Efisiensi Thermal”, “SFC (coal)”, dan “Kontribusi Produksi Energi dari Batubara”. Variabel Kontribusi Produksi Batubara memiliki



nilai MAPE terkecil sebesar 12,35%, sedangkan variabel EFOR memiliki nilai MAPE terbesar yaitu 81,54%. Perbedaan nilai MAPE antar variabel yang cukup jauh antar model dan variabel disebabkan oleh adanya perbedaan *trend* data ataupun ketidakpastian data, ketersediaan data yang minim juga berpengaruh pada hasil MAPE yang kurang ideal.

Setelah menghitung MAPE, maka dilakukan perhitungan R-Squared manual dan rekap R-Squared *software* hasil dari XLSTAT 2014. Nilai R-Squared yang lebih besar dari 0,5 biasanya menunjukkan hubungan yang signifikan, sehingga semakin besar nilai R-Squared maka semakin baik representasi model terhadap data actual. Perhitungan R-Squared manual menggunakan persamaan 2 menghasilkan nilai R-Squared terbesar pada variabel “EAF Realisasi”, “Komponen A”, “Komponen B”, dan “Komponen C” dengan nilai 0,83. Nilai R-Squared manual terkecil sebesar 0,49 pada variabel “Maintenance Derating (MD)”. Variabel yang memiliki nilai R-Squared manual yang kurang dari 0,5 adalah “Maintenance Derating (MD)”, “Forced Derating (FD)”, “Eq. Maintenance Derating Hours (EMDH)”, “Eq. Forced Derating Hours (EFDH)”, dan “Nett Output Factor (NOF)”. Berdasarkan rekap R-Squared *software* XLSTAT 2014, nilai terbesar R-Squared *software* bernilai 0.99 pada variabel “Availability” sedangkan variabel “Komponen C” memiliki nilai terkecil sebesar 0,74. Variabel yang memiliki nilai R-Squared kurang dari 0,5 hanya dari perhitungan R-Squared manual saja.

#### d. Pemilihan Model

Pemilihan model dilakukan dengan beberapa pertimbangan, yaitu berdasarkan nilai MAPE terkecil, R-Squared (*software* dan manual) terbesar, dan kombinasi antara MAPE terkecil dan R-Squared (*software* dan manual) terbesar. Pemilihan model menggunakan nilai MAPE terkecil pada tiap variabel dependen dilakukan berdasarkan perhitungan nilai MAPE pada tahapan validasi model poin 3.3. Rekap model terpilih berdasarkan MAPE terkecil disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Model Terpilih Berdasarkan MAPE Terkecil Pada Tiap Variabel

Model 2	Model 4	Model 5	Model 6		
RSH	SST IMPORT	PS (presentase)	Produksi Bruto	Efisiensi Thermal	PF
Energi Export SST, Impor & PS sentral + Susut Trafo	Kontribusi Produksi HSD	Pemakaian BBM	PS+SUSUT (presentase)	SFC (coal)	(Komp C) per power plant
	MOH	Jumlah Kalori BBM	Produksi Tersalur Bruto	Kontribusi Produksi Batubara	Ongkos Bongkar Muat Batubara
<b>Model 3</b>	FOH	SFC (fuel)	UAT	Jumlah Keadian FO	Surveyor
POH	MD	Period Hours (PH)	Eksport	SdOF	Produksi Export
EFDH	FD	Komponen C	Import	SH	Komponen D
POF	EMDH	Pembayaran Pemakaian Sendiri dan Susut Trafo	Produksi Sendiri Netto	Total Pembayaran Netto	Energi netto yang dikirim ke P3B
SOF	MOF		Susut Trafo	AF	Total
Biaya BBM	FOF		Pemakaian Sendiri	EAF	
Ongkos Angkut BBM	RSF		Pemakaian Batubara	SF	
DMN	FOR		Nilai Kalor Batubara	GCF	
Harga Rata-rata	EAF Realisasi		Jumlah Kalori BB	NCF	
Availability	Komponen A		NPHR	GOF	
	Komponen B		GPHR	NOF	
	EFOR		Biaya Batubara	AH	





Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa variabel dengan nilai MAPE terkecil paling banyak jatuh pada model 6 diantara model yang lain, sedangkan model 1 tidak terpilih karena nilai MAPE pada model 1 cenderung lebih besar dibandingkan nilai MAPE pada model lain.

Pemilihan model berikutnya menggunakan *tool* lain diantaranya *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Pada penelitian ini, AHP digunakan untuk memilih model berdasarkan beberapa atribut diantaranya, parameter R-Squared (*software* dan *manual*) dengan bobot bernilai 1, keduanya dipilih berdasarkan nilai yang paling besar. Dalam melakukan pemilihan model menggunakan AHP peneliti menggunakan bantuan aplikasi online *Decision Supporter*. Pemilihan model dilakukan dengan melihat model mana yang memiliki gabungan *utility* yang paling besar di antara alternatif model lain pada tiap variabel. Tabel 2 merupakan hasil pemilihan model dengan AHP menggunakan *Decision Supporter*.

Tabel 2 Model Terpilih dengan AHP Menggunakan *Decision Supporter*

Model 1		Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
Pemakaian Sendiri	Kontribusi Produksi energi dari HSD	MOH	POH	Jumlah Kalori BB	Produksi Bruto	SFC (fuel)
UAT	FO	MOF	FOH	EAF Realisasi	Produksi Tersalur Bruto	FD
SST IMPORT	SdOF	SOF	MD	Komponen A	Eksport	EFDH
Susut Trafo	SH	RSF	PH	Komponen B	Import	Biaya BBM
PS (presentase)	SFC (coal)	Komponen C	RSH	(Komp C) per power plant	Produksi Sendiri Netto	Ongkos Angkut BBM
PS+SUSUT (presentase)	PF	Total	AH	Availability	Pemakaian Batubara	DMN
Pemakaian BBM	Produksi Export	Total Pembayaran Netto	AF		Ongkos Bongkar Muat Batubara	Energi Export SST, Impor & PS sentral + Susut Trafo
Jumlah Kalori BBM	Energi netto yang dikirim ke P3B		EAF		FOR	
NPHR	Komponen D		POF		GC	
Kontribusi Produksi energi dari Batubara	Pembayaran Pemakaian Sendiri dan Susut Trafo		EFOR		Biaya Batubara	
Effisiensi Thermal	Harga Rata-rata		GOF		NCF	
SFC (coal)			NOF		Surveyor	
GPHR					FOF	

Berdasarkan Tabel 2, persebaran model yang terpilih lebih merata dibandingkan pada Tabel 1. Model 1 merupakan model yang sama sekali tidak terpilih pada pemilihan model berdasarkan nilai MAPE terkecil. Namun pada pemilihan model menggunakan nilai R-Squared (*manual* dan *software*), model 1 menjadi model terpilih yang paling banyak dibandingkan dengan model lainnya.

Pemilihan model yang terakhir menggunakan kombinasi parameter MAPE kecil dan R-Squared hasil AHP, karena penilaian parameter MAPE dan R-Squared berbanding terbalik (nilai MAPE terkecil, nilai R-Squared terbesar) maka pemilihan model menggunakan AHP tidak bisa dilakukan secara bersamaan, sehingga pemilihan model maka dapat dilakukan dengan solusi non-dominasi atau *Pareto optimal solution*. Pemilihan alternatif model tidak didominasi oleh



alternatif lain, sehingga dapat memberikan bobot yang sama. Tabel 3 merupakan pemilihan model menggunakan *Pareto optimal solution*:

Tabel 3 Model Terpilih dengan *Pareto Optimal Solution*

Model 1	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
PS (presentase)	SST IMPORT	Produksi Bruto	Pemakaian Sendiri	SFC(fuel)
PS + SUSUT (presentase)	Nilai Kalor Batubara	Pemakaian Batubara	UAT	MOH
Jumlah kejadian FO	POH	Eksport	Produksi Sendiri Netto	MOF
SdOF	FOH	Jumlah Kalori BBM	Susut Trafo	FOR
Pembayaran Pemakaian Sendiri dan Susut Trafo	Kontribusi Produksi HSD	Produksi Tersalur Bruto	Ongkos Bongkar Muat Batubara	Availability
Total Pembayaran Netto	FD	AF	Jumlah Kalori BB	
Harga Ratarata	SH	PF	Pemakaian BBM	
	EFDH	DMN	Pemakaian Batubara	
<b>Model 2</b>	POF	EAF Realisasi	EAF	
NPHR	FOF	Komponen A	SF	
GPHR	SOF	Komponen B	RSF	
Effisiensi Thermal	EFOR	Total	GCF	
SFC (coal)	GOF		NCF	
Energi Export SST, Impor & PS sentral + Susut Trafo	Kontribusi Produksi Batubara		Energi netto yang dikirim ke P3B	
RSH	NOF		Surveyor	
EMDH	Biaya BBM		Biaya Batubara	
MD	Ongkos Angkut BBM		Produksi Export	
			AH	
			Komponen C	
			Komponen D	
			(Komp C) per power plant	

Dari Tabel 3, terlihat bahwa variabel berdasarkan nilai *Pareto Optimal Solution* paling banyak jatuh pada model 5 diantara model yang lain.

Pada tahapan pemilihan model yang telah dilakukan, maka didapatkan tiga alternatif untuk menentukan model mana yang ingin digunakan oleh manajer aset dalam menentukan PRK. Pemilihan model berdasarkan akurasi menggunakan parameter nilai MAPE terkecil untuk setiap variabelnya. Model berdasarkan *fitting model* menggunakan parameter R-Squared (*software* dan manual) dengan bantuan AHP. Model terakhir menggunakan kombinasi parameter nilai MAPE dan R-Squared (*software* dan manual) dengan solusi non-dominasi atau *Pareto optimal solution*. Ketiga alternatif model yang telah didapatkan dapat digunakan untuk membantu manajer aset dalam memutuskan nilai PRK yang diajukan oleh PLTU Paiton Baru berdasarkan kriteria MAPE dan R-Squared dengan melihat perubahan nilai (terjadi kenaikan atau penurunan nilai) KPI, kinerja dan *dependability*.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini membangun model menggunakan metode matematis *Partial Least Square* (PLS) untuk mengetahui hubungan PRK dengan KPI, Kinerja, dan *dependability* pada PLTU Paiton Baru. Sehingga manajer aset dapat membuat keputusan mengenai PRK yang diajukan. Dalam pembangunan model dihasilkan enam kombinasi model untuk setiap variabel memiliki



nilai MAPE terkecil bernilai 12.35% sedangkan untuk R-Square hasil *software* paling tinggi bernilai 0.99 dan R-Square hasil perhitungan manual paling tinggi bernilai 0.83. Dari hasil tersebut kemudian didapatkan tiga pilihan untuk model terbaik berdasarkan MAPE terkecil, R-Squared *software* dan R-Squared manual terbesar, dan kombinasi MAPE yang kecil dengan R-Squared (*software* dan manual) hasil AHP.

Pada penelitian selanjutnya diharapkan dapat mengumpulkan data yang lebih banyak lagi untuk meminimalisir tingkat kesalahan dalam melakukan pemodelan sehingga dapat dipertimbangkan validitas serta konsistensi model dan menghasilkan model yang lebih baik lagi.

#### Daftar Pustaka

- Dunn, S., 2003, The Fourth Generation of Maintenance, *Conference proceedings of International Conference of Maintenance Societies (ICOM 2003)*, Perth, Australia.
- Dufour, J. M., 2011, *Coefficients of Determination*, McGill University, Montréal, Canada.
- Garg, A. and Deshmukh, S. G., 2006, Maintenance management: literature review and directions, *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, Vol. 12 Iss: 3, pp.205 – 238.
- Peterson, S. B., 1999, *Defining Asset Management. Maintenance Technology*, 12, 13-17.
- Pranantyo, G. W., 2013, *Pengembangan Model Maintenance Service Cost*, Skripsi: Universitas Pemangungan Nasional “Veteran”, Yogyakarta.PT. PLN (Persero) UPJB. 2014. *Rencana Jangka Panjang Perusahaan 2014-2018*.
- Septiani, W., Suhardini, D. dan Sari, E., 2012, Pengukuran kinerja perawatan lokomotif dengan Maintenance Scorecard pada PT. Kereta Api Indonesia Dipo Jatinegara, *Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro*, Vol. VII, No.3.
- Szymanska, E., Saccenti, E., Smilde, A., Westerhuis, J. A., 2012, Double-Check: Validation of Diagnostic Statistics for PLS-DA Models in Metabolomics Studies, *Metabolomics*, 8:S3–S16.
- Taufik, A., 2014, Evaluasi Kinerja Pemeliharaan PLTA Dengan Pendekatan Maintenance Scorecard dan Objective Matrix (Omax) (Studi Kasus Unit Pembangkit Listrik Tenaga Air Maninjau), *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 13 No. 1, April:561-574.
- Venaik, S., Midgley, D. F., & Devinney, T. M., 2005, Dual paths to performance: The impact of global pressures on MNC subsidiary conduct and performance, *Journal of International Business Studies*, 36(6), 655–675.



**Penentuan Rute Distribusi Terpendek Menggunakan Metode *Saving Matrix* Dan *Cluster First-Route Second*  
(Studi Kasus PT. Herbalife cabang Yogyakarta)**

Dwi Agustina Kurniawati dan Muhammad Fauzi Hasan

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga  
Jalan Marsda Adi Sucipto, Yogyakarta, 55281  
Telp. (0274) 589621

E-mail: dwi.kurniawati@uin-suka.ac.id ; mufanihsan@gmail.com

**TIDAK  
DIPRESENTASIKAN**

**Intisari**

*PT. Herbalife Yogyakarta merupakan distributor nutrisi herbal yang memiliki area distribusi DI Yogyakarta dan Jawa Tengah. Selama ini perusahaan menggunakan bantuan pihak ketiga yaitu ADX cargo untuk menyalurkan produk kepada konsumen, untuk meminimalkan biaya distribusi perusahaan berencana melakukan pengiriman produk menggunakan alat angkut yang dimiliki oleh perusahaan. Terdapat dua metode penentuan rute terpendek, yaitu *Saving Matrix* dan *Cluster First Route Second*, setelah dilakukan analisis data menggunakan dua metode tersebut akan dilakukan perbandingan metode mana yang akan digunakan untuk menentukan jalur distribusi terbaik. Hasil pengolahan data menggunakan metode *saving matrix* adalah menempuh jarak sejauh 2295,9 kilometer, dan biaya yang dikeluarkan sebanyak Rp10.995.651. Lebih hemat 58,33% dibanding biaya semula. Menggunakan metode *Cluster First Route Second* menempuh jarak sejauh 1829,1 kilometer, dan biaya yang dikeluarkan sebanyak Rp10.671.225. Lebih hemat 59,56% dibanding biaya semula. Metode terpilih adalah metode *Cluster First Route Second* karena menempuh jarak paling pendek dan menghasilkan biaya paling minimal. Dengan efisiensi jarak sebesar 76,08% atau 5817,7 kilometer lebih pendek dari jarak awal. Dan menghemat biaya distribusi sebanyak 59,56% atau sebesar Rp15.718.776.*

*Kata kunci: Distribusi, Transportasi, VRP, Saving Matrix, Cluster first Route second.*

**1. Pendahuluan**

PT. Herbalife Yogyakarta merupakan distributor nutrisi herbal yang memiliki area distribusi DI Yogyakarta dan Jawa Tengah. Kantor distribusi Herbalife berada di jalan Laksda Adisucipto No.94 A Sleman Yogyakarta. Selama ini perusahaan Herbalife dalam melakukan distribusi produk menggunakan jasa pihak ketiga, yaitu ADX cargo yang melakukan pengiriman paket ke seluruh wilayah Indonesia. ADX cargo menerapkan tarif per kilogram untuk setiap paket yang dikirimkan, sehingga biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan Herbalife semakin besar seiring meningkatnya permintaan konsumen. Dalam rangka mengurangi biaya distribusi, perusahaan berencana melakukan pengiriman produk dengan alat angkut yang dimiliki oleh perusahaan sendiri. Oleh karena itu perusahaan perlu melakukan *study* terhadap jalur pendistribusian dan kapasitas tiap armada yang akan digunakan.

Permasalahan yang dialami PT. Herbalife ini merupakan salah satu kasus yang termasuk di dalam *Vehicle Routing Problem (VRP)*. VRP merupakan permasalahan dalam sistem distribusi yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal untuk sekelompok kendaraan dengan jumlah dan batasan kapasitas tertentu agar dapat memenuhi permintaan pelanggan, dengan lokasi dan jumlah permintaan yang telah diketahui. Dalam VRP terdapat dua metode yang dapat digunakan untuk menentukan jarak terpendek, yaitu metode *saving matrix* dan *cluster first route second*. Metode yang optimal adalah metode yang dapat menghasilkan total jarak tempuh



terpendek, waktu pelayanan tersingkat, dan biaya pemakaian bahan bakar kendaraan yang paling minimal.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan rute distribusi terpendek PT. Herbalife cabang Yogyakarta menggunakan metode *Saving Matrix* dan *cluster first-route second*, sehingga diperoleh total jarak, waktu tempuh, dan biaya penggunaan bahan bakar kendaraan yang paling minimum, metode yang menghasilkan hasil yang optimal akan menjadi metode terpilih untuk menentukan rute pendistribusian produk.

Pada penentuan rute distribusi ini hanya dilakukan pada jalur pendistribusian produk Herbalife area Yogyakarta dan Jawa Tengah, jumlah permintaan tiap konsumen dapat diketahui dari perusahaan. Alat angkut yang digunakan sebanyak empat mobil box dengan kapasitas maksimal sebesar 850 kg tiap mobil.

Manfaat dari penelitian ini adalah mengetahui rute yang paling optimal dalam pendistribusian produk untuk dijadikan sebagai perbaikan rute pendistribusian oleh PT. Herbalife cabang Yogyakarta. Penelitian ini perlu dilakukan karena akan memberikan manfaat kepada perusahaan yang dapat meminimalkan jarak tempuh pada rute distribusi, dan ilmu pengetahuan ini dapat diterapkan dalam kasus nyata yang terjadi sehari-hari. Oleh karena itu, berdasarkan uraian-uraian dari permasalahan tersebut penulis melakukan penelitian dengan judul Penentuan Rute Distribusi Terpendek Menggunakan Metode *Saving Matrix* dan *Cluster First-Route Second* (Studi Kasus PT. Herbalife Cabang Yogyakarta).

## 2. Metodologi

Objek penelitian ini adalah jalur distribusi produk Herbalife wilayah DIY dan Jawa Tengah yang berpusat di jalan Laksda Adisucipto No.94 A Sleman Yogyakarta. Data yang digunakan merupakan rata-rata permintaan konsumen setiap bulan di PT. Herbalife cabang Yogyakarta dari bulan Januari hingga bulan Desember 2015 yang berjumlah 26 data.

Tahapan-tahapan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Pengumpulan data yang berupa jumlah permintaan konsumen, jumlah dan kapasitas alat angkut, biaya transportasi, dan jarak gudang ke konsumen serta jarak antra konsumen.
- b. Melakukan pengolahan data menggunakan metode *Saving Matrix*. Pengolahan data diawali dengan menentukan matrik jarak, menentukan matrik penghematan, dan menentukan rute distribusi. Setelah rute distribusi diperoleh maka akan ditentukan biaya distribusi.
- c. Melakukan pengolahan data menggunakan metode *Cluster First Route Second*. Pengolahan data diawali dengan menentukan lokasi konsumen berdasarkan titik koordinat cartesius, kemudian mengelompokkan konsumen ke dalam satu rute, setelah itu mengalokasikan permintaan kedalam kendaraan. Setelah rute distribusi diperoleh maka akan ditentukan biaya distribusi.
- d. Setelah diketahui rute dan biaya distribusi dengan kedua metode *Saving Matrix* dan *Cluster First Route Second*, maka langkah selanjutnya membandingkan hasil pengolahan kedua metode dan menentukan metode terbaik untuk menentukan rute distribusi produk Herbalife.

### a. *Vehicle Routing Problem (VRP)*

*Vehicle Routing Problem (VRP)* merupakan permasalahan dalam sistem distribusi yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal untuk sekelompok kendaraan yang diketahui kapasitasnya, agar dapat memenuhi permintaan konsumen dengan lokasi dan jumlah permintaan yang telah diketahui. Suatu rute yang optimal adalah rute yang memenuhi berbagai kendala operasional, yaitu memiliki total jarak dan waktu perjalanan yang ditempuh terpendek dalam memenuhi permintaan konsumen serta menggunakan kendaraan dalam jumlah yang terbatas (Rahmi dan Murti, 2013).

Solusi dari sebuah VRP yaitu sejumlah rute pengiriman kebutuhan pelanggan dimana kendaraan berangkat dari depot menuju pelanggan dan kembali lagi ke depot. VRP pertama kali dipelajari oleh *Dantzig* dan *Ramser* pada tahun 1959 dalam bentuk rute dan penjadwalan truk.



Pada tahun 1964, *Clarke* dan *Wright* kemudian melanjutkan penelitian ini dan berhasil menciptakan sebuah metode yaitu *Saving Matrix*. Seiring dengan perkembangan dunia industri maka sejak saat itu perkembangan mengenai VRP terus berkembang karena memegang peranan yang penting dalam proses pendistribusian dalam dunia industri (Indra dkk, 2014). Berikut ini adalah karakteristik dari permasalahan dalam VRP yaitu:

- Perjalanan kendaraan berawal dan berakhir dari dan ke depot awal,
- Ada sejumlah tempat yang semuanya harus dikunjungi dan dipenuhi permintaannya tepat satu kali,
- Jika kapasitas kendaraan sudah terpakai dan tidak dapat melayani tempat berikutnya, kendaraan dapat kembali ke depot untuk memenuhi kapasitas kendaraan dan melayani tempat berikutnya, dan
- Tujuan dari permasalahan ini adalah meminimumkan total jarak yang ditempuh kendaraan dengan mengatur urutan tempat yang harus dikunjungi beserta kapan kembalinya kendaraan untuk mengisi kapasitasnya lagi.

#### b. Metode *Saving Matrix*

Metode *saving matrix* adalah salah satu metode yang digunakan untuk menentukan rute distribusi produk ke wilayah pemasaran dengan cara menentukan rute yang harus dilalui dan jumlah kendaraan yang akan digunakan berdasarkan kapasitas muatan dari kendaraan tersebut. Tujuan dari metode ini adalah memilih penugasan kendaraan dan *routing* sebaik mungkin. Metode *saving matrix* juga merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menjadwalkan sejumlah kendaraan terbatas yang memiliki kapasitas maksimum yang berbeda-beda. Metode ini bertujuan untuk menyesuaikan pengiriman yang diperlukan konsumen dengan apa yang mereka pesan sebelumnya dengan cara yang lebih efektif dan efisien, sehingga perusahaan dapat menghemat biaya, tenaga, dan waktu pengiriman (Erlina, 2009).

Metode *saving matrix* terdiri dari beberapa langkah, langkah-langkah dalam metode *saving matrix* adalah sebagai berikut (Pujawan dan Mahendrawathi, 2010):

- Mengidentifikasi matriks jarak dari depot ke masing-masing outlet (konsumen), dan dari outlet satu ke outlet lainnya.
- Mengidentifikasi matriks penghematan (*saving matrix*), perhitungan matriks penghematan dapat dilakukan dengan menggunakan rumus :

$$S(x,y)=J(G,x)+J(G,y)-J(x,y) \dots\dots\dots(2.1)$$

Dengan :  $S(x,y)$  = penghematan jarak  $x$  dan  $y$   
 $J(G,x)$  = jarak antara gudang dan  $x$   
 $J(G,y)$  = jarak antara gudang dan  $y$   
 $J(x,y)$  = jarak antara  $x$  dan  $y$

- Mengalokasikan tujuan atau konsumen ke kendaraan atau rute. Penggabungan dimulai dari nilai penghematan terbesar pertama lalu nilai penghematan terbesar kedua, dan seterusnya.
- Mengurutkan lokasi tujuan dalam suatu rute.

#### c. Metode *Cluster First Route Second*

Metode *Cluster First Route Second* merupakan bagian dari metode *sweep* dalam varian VRP. Penyelesaian dengan metode ini dilakukan dengan membuat kelompok lokasi pemberhentian terlebih dahulu, kemudian membuat rute (Cordeau dkk, 2002).

Langkahlangkah dalam penyelesaian VRP dengan metode ini adalah sebagai berikut (Virgiawan, 2014):

- Gambarkan semua lokasi pemberhentian dan lokasi depot dalam sebuah peta.
- Lakukan pembentukan kelompok dengan cara menarik garis pada peta ke arah mana saja dari lokasi depot, kemudian rotasikan garis ini hingga memotong lokasi pemberhentian. Arah rotasi dapat searah jarum jam ataupun berlawanan dengan arah jarum jam.



3. Setiap memotong lokasi pemberhentian, lakukan evaluasi kapasitas kendaraan untuk mengecek apakah apabila lokasi pemberhentian tersebut dimasukkan ke dalam kelompok, masih memenuhi batasan kapasitas kendaraan atau tidak. Jika dengan memasukkan lokasi tersebut batasan kapasitas kendaraan dilanggar, maka proses pengelompokan harus dihentikan dan dilanjutkan dengan membuat kelompok baru terhadap lokasi pemberhentian yang masih belum dimasukkan kedalam kelompok manapun.
4. Selanjutnya, setelah seluruh lokasi pemberhentian masuk kedalam kelompoknya masing-masing, dalam tiap kelompok dilakukan penjadwalan kunjungan untuk lokasi pemberhentian. Penjadwalan ini dilakukan sedemikian rupa sehingga didapatkan total jarak yang minimum untuk tiap kelompok rute.

Untuk mendapatkan letak lokasi pada koordinat cartesius pada proses pemetaan lokasi, maka dapat digunakan Persamaan 2.1 dan 2.2 sebagai berikut:

$$\text{Kord.}X_i = \text{Kord.}BT_i - \text{Kord.}BT_0 \dots\dots\dots (2.2)$$

dengan:  $kord.X_i$  = kordinatX lokasi  $i$   
 $kord.BT_i$  = kordinatBT lokasi  $i$   
 $kord.BT_0$  = kordinatBT lokasi depot

$$\text{Kord.}Y_i = \text{Kord.}LS_0 - \text{Kord.}LS_i \dots\dots\dots (2.3)$$

dengan:  $kord.Y_i$  = kordinatY lokasi  $i$   
 $kord.LS_i$  = kordinatLS lokasi  $i$   
 $kord.LS_0$  = kordinatLS lokasi depot

BT = garis Bujur Timur pada peta  
 LS = garis Lintang Selatan pada peta

Pada pemetaan lokasi tersebut ditentukan bahwa lokasi depot (BT;LS) adalah sebagai titik pusat pada koordinat cartesius yaitu titik (0;0).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Kondisi Pendistribusian Saat Ini

Tabel 3.1 Data jarak konsumen dari gudang (Km)

Kode	Konsumen	Jarak dari gudang (Km)	Kode	Konsumen	Jarak dari gudang (Km)
A1	KULONPROGO	34,7	A14	KENDAL	154
A2	KLATEN	35,5	A15	PURBALINGGA	168
A3	MAGELANG	35,6	A16	BANYUMAS	174
A4	PURWOREJO	68,3	A17	KUDUS	180
A5	SALATIGA	80,4	A18	PEKALONGAN	181
A6	BOYOLALI	90,3	A19	CILACAP	191
A7	WONOSOBO	92,6	A20	JEPARA	196
A8	BANJAR	122	A21	BLORA	202
A9	SEMARANG	122	A22	PEMALANG	213
A10	GROBOGAN	124	A23	PATI	216
A11	GOMBONG	128	A24	REMBANG	235
A12	BATANG	137	A25	TEGAL	235
A13	DEMAK	154	A26	BREBES	254





Jumlah konsumen yang dilayani oleh perusahaan Herbalife sebanyak 26 konsumen, lokasi konsumen tersebar di wilayah Jawa Tengah dan Yogyakarta. Selama ini perusahaan Herbalife dalam melakukan distribusi produk menggunakan jasa pihak ketiga, yaitu *ADX cargo* yang melakukan pengiriman paket ke seluruh wilayah Indonesia. *ADX cargo* menerapkan tarif per kilo gram untuk setiap paket yang dikirimkan, sehingga biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan Herbalife semakin besar apabila jumlah permintaan dari konsumen meningkat setiap bulannya. Apabila setiap konsumen dilayani oleh satu kendaraan maka jarak yang ditempuh sejauh 7.646,8 km. Rata-rata biaya distribusi yang dikeluarkan perusahaan sebesar Rp26.390.000 setiap bulan dengan jasa *ADX cargo*.

Dalam rangka mengurangi biaya distribusi, perusahaan berencana melakukan pengiriman produk dengan alat angkut yang dimiliki oleh perusahaan sendiri. Alat angkut berupa mobil box dengan kapasitas 850kg tiap mobil, untuk dapat menjangkau seluruh wilayah distribusi jumlah alat angkut yang digunakan sebanyak 4 mobil box. Bahan bakar yang digunakan berupa premium dengan harga Rp.6.950/liter, dengan 1 liter menempuh jarak 10 kilometer. Biaya tenaga kerja dua orang supir dan kernek, retribusi, uang makan, dan perawatan diasumsikan Rp.2.350.000 tiap mobil setiap bulannya.

### 3.2. Pembentukan Rute dengan Metode *Saving Matrix*

Tabel 3.2 Data jarak konsumen (Km)

Setelah jarak gudang ke konsumen dan jarak antar konsumen diketahui, maka akan

	G	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26
G	0																										
A1	34,7	0																									
A2	35,5	75	0																								
A3	35,6	56	73,1	0																							
A4	68,3	35	109	45,8	0																						
A5	80,4	101	41,7	45,4	85,9	0																					
A6	90,3	102	38,2	102	136	54,9	0																				
A7	92,6	89,3	121	66,9	54,3	85,7	137	0																			
A8	122	124	167	112	91,9	131	182	48,4	0																		
A9	122	142	92,8	86,6	125	51,4	106	122	167	0																	
A10	124	163	99,7	127	165	79,4	65,7	162	207	66,7	0																
A11	128	94,4	168	109	62,3	150	196	73,9	26,1	191	229	0															
A12	137	155	158	99,5	124	117	171	56,5	99,5	71,1	144	128	0														
A13	154	169	119	113	151	78	102	148	193	30	42,5	213	98,6	0													
A14	154	127	83,2	71,5	110	40,3	94,2	90,5	136	20,8	90,2	172	75,9	53,4	0												
A15	168	135	196	138	103	164	207	72,1	25,2	188	226	40	143	211	175	0											
A16	174	139	213	154	107	167	240	83,9	36,8	200	238	47	156	223	187	16,6	0										
A17	180	195	145	139	178	104	107	174	219	56,1	45,6	239	125	29	80,3	242	253	0									
A18	181	196	189	142	165	147	202	87	96,9	101	174	145	40,7	137	107	105	119	163	0								
A19	191	125	199	139	92,7	181	226	93,6	45,7	210	248	32,8	175	233	196	35,3	28,8	259	137	0							
A20	196	211	162	156	194	120	136	191	236	72,3	76	256	141	45,2	96,5	258	269	36	173	279	0						
A21	202	242	178	220	248	153	138	245	290	150	85,9	310	218	125	174	312	324	135	250	333	170	0					
A22	213	205	220	173	173	179	233	143	95,4	133	199	110	72,6	169	139	70,7	84,2	195	35	103	211	289	0				
A23	216	231	181	175	213	140	120	210	255	92	55,5	275	161	64,9	116	278	289	35,3	192	298	70	102	224	0			
A24	235	255	206	199	238	164	144	234	279	116	79,7	300	185	89	140	302	313	59,6	217	323	94	76,3	249	26,3	0		
A25	235	209	260	213	177	219	273	148	99,8	173	245	115	112	209	178	75	95,7	235	74,5	119	251	328	41,2	270	295	0	
A26	254	238	262	215	205	221	275	184	136	175	248	145	114	211	180	112	96,9	273	76,8	120	253	331	43,6	273	297	20,7	0

ditentukan matrik penghematan, dengan rumus :

$$S(x,y)=J(G,x)+J(G,y)-J(x,y)$$





Tabel 3.3 Data *saving matrix* (Km)

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16	A17	A18	A19	A20	A21	A22	A23	A24	A25	A26
A1	0																									
A2	-4,8	0																								
A3	14,3	71,1	0																							
A4	68	-5,3	58,1	0																						
A5	14,1	74,2	70,6	62,8	0																					
A6	23	87,6	23,9	22,6	115,8	0																				
A7	38	7,1	61,3	106,6	87,3	45,9	0																			
A8	32,7	-9,5	45,6	98,4	71,4	30,3	166,2	0																		
A9	14,7	64,7	71	65,3	151	106,3	92,6	77	0																	
A10	-4,3	59,8	32,6	27,3	125	148,6	54,6	39	179,3	0																
A11	68,3	-4,5	35,6	134	58,4	22,3	146,7	223,9	59	23	0															
A12	16,7	14,5	73,1	81,3	100,4	56,3	173,1	159,5	187,9	117	137	0														
A13	19,7	70,5	76,6	71,3	156,4	142,3	98,6	83	246	235,5	69	192,4	0													
A14	61,7	106,3	118,1	112,3	194,1	150,1	156,1	140	255,2	187,8	110	215,1	254,6	0												
A15	67,7	7,5	65,6	133,3	84,4	51,3	188,5	264,8	102	66	256	162	111	147	0											
A16	69,7	-3,5	55,6	135,3	87,4	24,3	182,7	259,2	96	60	255	155	105	141	325,4	0										
A17	19,7	70,5	76,6	70,3	156,4	163,3	98,6	83	245,9	258,4	69	192	305	253,7	106	101	0									
A18	19,7	27,5	74,6	84,3	114,4	69,3	186,6	206,1	202	131	164	277,3	198	228	244	236	198	0								
A19	101	27,5	87,6	166,6	90,4	55,3	190	267,3	103	67	286,2	153	112	149	323,7	336,2	112	235	0							
A20	19,7	69,5	75,6	91,3	156,4	150,3	97,6	82	245,7	244	68	192	304,8	253,5	106	101	340	204	108	0						
A21	-5,3	59,5	17,6	22,3	129,4	154,3	49,6	34	174	240,1	20	121	231	182	58	52	247	133	60	228	0					
A22	42,7	28,5	75,6	108,3	114,4	70,3	162,6	239,6	202	138	231	277,4	198	228	310,3	302,8	198	359	301	198	126	0				
A23	19,7	70,5	76,6	71,3	156,4	186,3	98,6	83	246	284,5	69	192	305,1	254	106	101	360,7	205	109	342	316	205	0			
A24	14,7	64,5	71,6	65,3	151,4	181,3	93,6	78	241	279,3	63	187	300	249	101	96	355,4	199	103	337	360,7	199	424,7	0		
A25	60,7	10,5	57,6	126,3	96,4	52,3	179,6	257,2	184	114	248	260	180	211	328	313,3	180	341,5	307	180	109	406,8	181	175	0	
A26	50,7	27,5	74,6	117,3	113,4	69,3	162,6	240	201	130	237	277	197	228	310	331,1	161	358,2	325	197	125	423,4	197	192	468,3	0

Penentuan rute pengiriman produk Herbalife menggunakan metode *saving matrix* dapat dilihat pada Tabel 3.4 berikut ini:

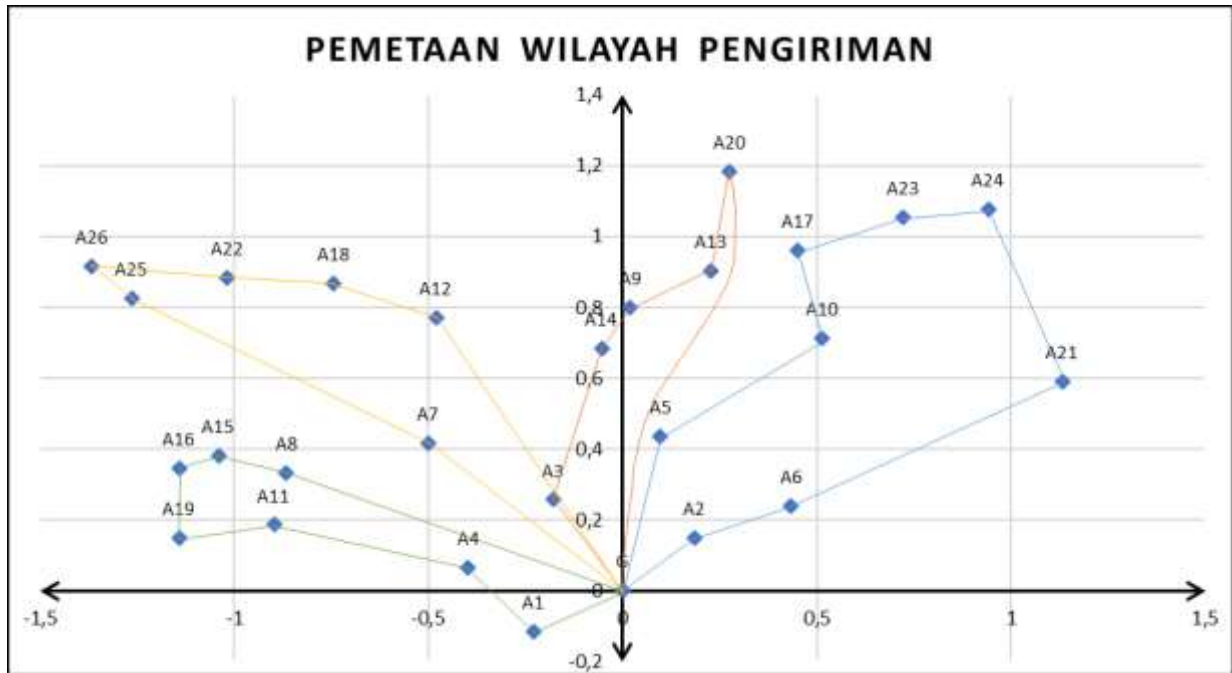
Tabel 3.4 Pembentukan rute metode *saving matrix*

No	Rute	Urutan Kunjungan	Jarak (Km)
1	1	G - A12 - A18 - A22 - A15 - A25 - A26 - A17 - G	832,1
2	2	G - A6 - A10 - A13 - A20 - A23 - A24 - A21 - G	618,3
3	3	G - A1 - A4 - A7 - A8 - A11 - A16 - A19 - G	465,3
4	4	G - A2 - A3 - A5 - A9 - A14 - G	380,2
TOTAL			2295,9

Pada Tabel 3.4 dapat dilihat bahwa diperoleh 4 rute pengiriman dengan total jarak sejauh 2295,9 kilometer. Dengan harga BBM Rp.6.950 per liter, maka bahan bakar yang dibutuhkan sebanyak 229,59 liter, dan biaya bahan bakar yang dikeluarkan dengan metode ini sebesar Rp.1.595.651. dengan dijumlahkan biaya tenaga kerja, uang makan, retribusi, dan perawatan, maka jumlah biaya yang dikeluarkan menggunakan metode *saving matrix* sebesar Rp.10.995.651.



### 3.3. Pembentukan Rute dengan Metode *Cluster First-Route Second*



Gambar 3.5 Pembentukan kelompok dan penarikan garis

Penentuan rute pengiriman produk Herbalife menggunakan metode *Cluster First-Route Second* dapat dilihat pada Tabel 3.6 berikut ini:

Tabel 3.6 Pembentukan rute metode *Cluster First-Route Second*

Kelompok	Jalur Rute	Jumlah Muatan (Kg)	Jarak (Km)
1	G – A2 – A6 – A21 – A24 – A23 – A17 – A10 – A5 – G	730	555
2	G – A3 – A14 – A9 – A13 – A20 – G	760	399,1
3	G – A7 – A25 – A26 – A22 – A18 – A12 – G	558	517,6
4	G – A1 – A4 – A11 – A19 – A16 – A15 – A8 – G	736	357,4
TOTAL		2784	1829,1

Pada Tabel 3.6 dapat dilihat bahwa diperoleh 4 rute pengiriman dengan total jarak sejauh 1829,1 kilometer. Dengan harga BBM Rp.6.950 per liter, maka bahan bakar yang dibutuhkan sebanyak 182,91 liter, dan biaya bahan bakar yang dikeluarkan dengan metode ini sebesar Rp.1.271.225. dengan dijumlahkan biaya tenaga kerja, uang makan, retribusi, dan perawatan, maka jumlah biaya yang dikeluarkan menggunakan metode *saving matrix* sebesar Rp.10.671.225.

### 3.4. Perbandingan Rute dan Biaya Distribusi

Perbandingan rute distribusi produk Herbalife sebelum dilakukan pengolahan data menggunakan metode *saving matrix* dan *Cluster First Route Second* dan setelah dilakukan pengolahan dapat dilihat pada tabel 3.7 dibawah ini.



Tabel 3.7 Perbandingan rute

No	Metode	Jumlah Rute	Jarak Tempuh (Km)	Total Biaya
1	Sebelum	26	7646,8	Rp26.390.000
2	<i>Saving Matrix</i>	4	2295,9	Rp10.995.651
3	<i>Cluster First Route Second</i>	4	1829,1	Rp10.671.225

Setelah hasil perbandingan dari kedua metode dengan proses sebelum pengolahan data diketahui, maka dapat ditentukan tingkat efisiensi jarak dan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan.

Tabel 3.8 Efisiensi jarak dan biaya

No	Metode	Penghematan Jarak (Km)		Penghematan Biaya	
1	<i>Saving Matrix</i>	5350,9	69,98%	Rp15.394.350	58,33%
2	<i>Cluster First Route Second</i>	5817,7	76,08%	Rp15.718.776	59,56%

### 3.5. Pembahasan

Berdasarkan perhitungan maupun perbandingan data yang telah dilakukan, maka metode terpilih untuk penentuan rute pendistribusian produk Herbalife cabang Yogyakarta adalah metode *cluster first route second*. Metode ini terpilih karena memiliki jarak tempuh yang paling singkat untuk pengiriman barang dari gudang menuju konsumen-konsumen di wilayah Yogyakarta dan Jawa Tengah. Jarak tempuh yang singkat ini menghasilkan jumlah biaya yang harus dikeluarkan perusahaan semakin kecil, karena jumlah pemakaian bahan bakar kendaraan yang digunakan semakin sedikit.

Jarak tempuh kendaraan jika menggunakan metode *Cluster First Route Second* ini adalah sejauh 1829,1 kilometer, satu liter bahan bakar (premium) yang digunakan kendaraan mampu menempuh jarak 10 kilometer, dengan jarak 1829,1 kilometer bahan bakar yang dibutuhkan sebanyak 182,91 liter. Apabila harga premium saat ini Rp.6950 maka biaya untuk bahan bakar sebanyak Rp.1.271.225. Setelah dijumlahkan dengan elemen-elemen lain dalam proses pendistribusian produk, maka perusahaan mengeluarkan biaya sebesar Rp10.671.225 setiap bulannya.

Jumlah biaya tersebut mampu digunakan untuk melakukan pengiriman produk ke seluruh wilayah dimana konsumen berada. Urutan rute untuk metode terpilih adalah :

Kelompok 1 : G – A2 – A6 – A21 – A24 – A23 – A17 – A10 – A5 – G

Kelompok 2 : G – A3 – A14 – A9 – A13 – A20 – G

Kelompok 3 : G – A7 – A25 – A26 – A22 – A18 – A12 – G

Kelompok 4 : G – A1 – A4 – A11 – A19 – A16 – A15 – A8 – G

## 4. Kesimpulan dan Saran

### 4.1. Kesimpulan

Dari hasil pengumpulan data, pengolahan data, dan pembahasan yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Rute yang terbentuk dari pengolahan *Saving Matrix* adalah 4 rute dari sebelumnya 26 rute, dan jarak yang ditempuh untuk menjangkau seluruh konsumen adalah 2295,9 kilometer. Untuk pengolahan menggunakan metode *Cluster First Route Second* rute yang terbentuk adalah 4 rute perbaikan, dan jarak yang ditempuh untuk menjangkau seluruh konsumen adalah 1829,1 kilometer
2. Hasil pengolahan data menggunakan metode *saving matrix* adalah menempuh jarak sejauh 2295,9 kilometer, dan biaya yang dikeluarkan sebanyak Rp10.995.651. Lebih hemat 58,33%



dibanding biaya semula. Menggunakan metode *Cluster First Route Second* menempuh jarak sejauh 1829,1 kilometer, dan biaya yang dikeluarkan sebanyak Rp10.671.225. Lebih hemat 59,56% dibanding biaya semula.

3. Metode yang paling tepat untuk melakukan proses distribusi adalah metode *Cluster first Route second*. Karena menempuh jarak paling pendek dan menghasilkan biaya paling minimal. Dengan efisiensi jarak sebesar 76,08% atau 5817,7 kilometer lebih pendek dari jarak awal. Dan menghemat biaya distribusi sebanyak 59,56% atau sebesar Rp15.718.776.

#### 4.2. Saran

Berikut ini saran yang dapat diberikan kepada perusahaan berdasarkan dari hasil penelitian dan kesimpulan. Saran tersebut adalah sebagai berikut :

1. Perusahaan Herbalife bisa menggunakan hasil penelitian ini untuk melakukan proses distribusi.
2. Perusahaan Herbalife perlu lebih memperhatikan proses pendistribusian produk untuk menghemat biaya distribusi.
3. Perusahaan Herbalife perlu membuat sistem pendukung keputusan untuk mempermudah penerapan hasil penelitian secara langsung di lapangan.
4. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan bisa membuat sebuah aplikasi yang dapat digunakan untuk menentukan jalur distribusi terbaik suatu produk.

#### Daftar Pustaka

- Cordeau, J.F., Gendreau, M., Laporte, G., Potvin, J.Y., dan Sernet, F., 2002, *A Guide to Vehicle Routing Heuristics, the Journal of the Operational Research Society*, vol.53, no.05, pp.512-522.
- Erlina, 2009, Mengoptimalkan Biaya Transportasi Untuk Penentuan Jalur Distribusi Produk X dengan Metode *Saving Matrix*, *Jurnal Penelitian Ilmu Teknik* Vol.9 No.2, pp.143-150.
- Indra, S.K., Susi S., dan Hari A., 2014, Usulan Rute Pendistribusian Air Mineral Dalam Kemasan Menggunakan Metode *Nearest Neighbour* dan *Clarke & Wright Savings* (Studi Kasus di PT. X Bandung), *Jurnal Online Institut Teknologi Nasional*, vol.01, no.02, pp.125-136.
- Pujawan, I. dan Mahendrawathi, ER., 2010, *Supply Chain Management* Edisi Kedua, Guna Widya. Surabaya.
- Rahmi, Y. dan Murti A., 2013, Penerapan Metode *Saving Matrix* Dalam Penjadwalan Dan Penentuan Rute Distribusi Premium Di SPBU Kota Malang, *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol.04, no.01, pp.17-26.
- Virgiawan, Hijri., Wahyuda., dan Emelda, Muriani., 2014, Aplikasi *Vehicle Routing Problem* Pada Penentuan Rute Distribusi Air Mineral Club di Kota Balikpapan, Samarinda, Universitas Mulawarman.



## **Pengembangan Model Persediaan Pemasok-Pembeli Dengan Mempertimbangkan *Learning Curve*, *Price Dependent Demand* dan Biaya Emisi Karbon**

**Yuliyani Nur Angraini, Wakhid Ahmad Jauhari, Pringgo Widyo Laksono**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret

Jl. Ir. Sutami No. 36A, Surakarta 57126, Indonesia

Telp. 0271-632110

E-mail: yulianiangraini@gmail.com

### **Intisari**

*Penelitian ini mengembangkan sebuah model persediaan terintegrasi antara pemasok tunggal dan pembeli tunggal. Mekanisme sistem operasi terdiri dari pemasok yang merupakan produsen dan pembeli yang merupakan distributor yang menjual produknya sesuai dengan permintaan dari konsumen akhir. Di dalam model diasumsikan bahwa permintaan konsumen akhir merupakan fungsi dari harga jual pembeli. Terdapat kurva belajar dimana dalam memproduksi produk, kecepatan produksi pemasok semakin lama semakin bertambah, walaupun tingkat permintaan tetap. Setelah produk datang ke pembeli, kemudian dilakukan inspeksi. Kesalahan inspeksi terjadi ketika inspektur salah mengklasifikasikan produk cacat sebagai produk baik atau produk baik sebagai cacat. Produk yang dikategorikan cacat akan dikembalikan ke pemasok untuk dilakukan rework. Biaya emisi karbon dibebankan untuk proses pengiriman oleh pemasok dan pengembalian oleh pembeli. Sebuah model matematis dihasilkan dengan fungsi tujuan memaksimalkan total keuntungan gabungan antara pemasok dan pembeli yang didapatkan melalui optimasi nilai variabel keputusan ukuran lot pengiriman ( $Q$ ), jumlah pengiriman ( $n$ ) dan harga jual pembeli ( $p$ ). Contoh numerik juga diberikan sebagai ilustrasi dari model. Hasil analisis sensitivitas menunjukkan bahwa parameter  $b$  dan  $\beta$  berpengaruh signifikan terhadap total keuntungan gabungan. Dengan dipertimbangkannya jenis kendaraan ke dalam model persediaan dapat menghasilkan solusi optimal yang berbeda. Selain itu, dengan mempertimbangkan semua aspek yang dibahas dalam pengambilan keputusan persediaan menghasilkan optimalitas paling seimbang dari sisi keuntungan masing-masing pihak.*

*Kata Kunci: model persediaan, kurva belajar, price dependent demand, emisi karbon*

### **1. Pendahuluan**

Pengelolaan rantai pasok yang efektif dan efisien akan mewujudkan tujuan dari manajemen rantai pasok, yaitu meningkatkan efisiensi dari proses logistik suatu perusahaan diantaranya termasuk manajemen persediaan. Persediaan harus seimbang dengan kebutuhan, karena persediaan yang terlalu banyak mengakibatkan resiko kerusakan, biaya penyimpanan serta biaya investasi yang besar. Jika kekurangan persediaan berakibat terganggunya kelancaran dalam proses produksinya. Untuk mewujudkan persediaan dengan jumlah yang tepat maka diperlukan penentuan ukuran lot produksi dan pengiriman produk terintegrasi yang mempertimbangkan keuntungan dari semua pihak rantai pasok yang disebut dengan *Joint Economic Lot-Sizing* (JELS). Model JELS pertama kali dikembangkan oleh Goyal (1976). Model yang dihasilkan membuktikan bahwa dengan integrasi antara pemasok dan pembeli dapat menghasilkan total biaya persediaan yang lebih kecil dibandingkan dengan perhitungan secara independen.



Faktor kualitas merupakan faktor pertama yang dikembangkan dalam model persediaan JELS. Salah satu model persediaan yang mempertimbangkan adanya faktor *human error* dalam proses inspeksi adalah Yoo, et al. (2009) dan membagi kesalahan inspeksi menjadi dua tipe kesalahan, diantaranya kesalahan tipe I yaitu mengkategorikan produk baik sebagai produk cacat dan kesalahan tipe II yaitu mengkategorikan produk cacat sebagai produk baik.

Selain kesalahan inspeksi, juga telah dikembangkan model persediaan JELS yang mempertimbangkan kurva belajar. Wortham dan Mayyasi (1972) menjadi peneliti pertama yang mengembangkan model persediaan dengan mempertimbangkan pengaruh kurva belajar pada model *Economic Order Quantity* (EOQ). Khan, et al. (2014) mengembangkan model persediaan pemasok-pembeli dengan mengintegrasikan kedua *human factor* berupa kesalahan inspeksi dan kurva belajar.

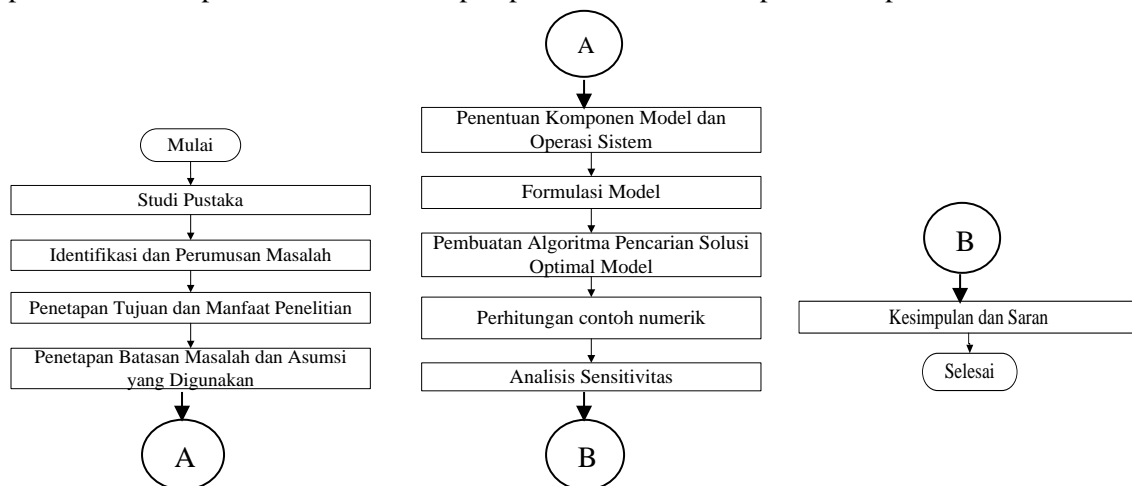
Penelitian JELS telah berkembang ke arah rantai pasok berkelanjutan dimana perusahaan dituntut untuk memenuhi tanggung jawab sosial terhadap kerusakan lingkungan akibat adanya aktivitas bisnis, diantaranya biaya emisi karbon yang dihasilkan oleh kendaraan dalam proses pengiriman produk. Jauhari, et al. (2014) merupakan salah satu yang mengembangkan model persediaan dengan mempertimbangkan aspek lingkungan berupa biaya emisi karbon untuk proses pengiriman dalam *reverse logistic* yang dipengaruhi oleh tingkat kecacatan produk.

Di pasar yang kompetitif saat ini, strategi penentuan harga jual produk merupakan salah satu faktor penentu dari konsumen dalam memilih sebuah produk. Within (1995) menjadi peneliti pertama yang mengembangkan model persediaan yang mempertimbangkan *price sensitive demand* dalam model *Economic Order Quantity* (EOQ). Rad, et al. (2014) mengembangkan model persediaan dengan mempertimbangkan efek dari variasi harga produk terhadap permintaan pasar.

Penelitian ini akan mengembangkan model matematis dari persediaan rantai pasok dua pihak (pemasok-pembeli) yang mengacu pada model Khan, et al. (2014) yang mempertimbangkan adanya kesalahan inspeksi dan kurva belajar, model Jauhari, et al. (2014) yang mempertimbangkan adanya biaya emisi karbon dan model Rad, et al. (2014) yang mempertimbangkan adanya *price dependent demand*.

## 2. Metodologi Penelitian

Penelitian ini terdiri dari tahap identifikasi awal, tahap pengembangan model dan tahap penarikan kesimpulan dan saran. Tahapan penelitian tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Komponen Model

Komponen sistem terdiri dari kriteria performansi, variabel keputusan dan parameter yang digunakan. Kriteria performansi model persediaan dalam penelitian ini adalah untuk memaksimalkan total keuntungan gabungan pemasok dan pembeli. Sedangkan variabel keputusan optimal yang akan dicari dalam model ini, yaitu ukuran lot pengiriman, jumlah pengiriman dan harga jual pembeli.

Notasi yang digunakan dalam model ini adalah sebagai berikut :

- $Q$  : Ukuran *lot* pengiriman (unit)
- $n$  : Jumlah pengiriman (kali)
- $L$  : Berat produk (ton/unit)
- $R$  : Tingkat produksi pemasok (unit/tahun)
- $P_v$  : Biaya pembelian pemasok (\$/unit)
- $S_v$  : Biaya *setup* pemasok (\$/siklus)
- $C_p$  : Biaya tenaga kerja pemasok (\$/tahun)
- $H_v$  : Biaya simpan pemasok (\$/unit/ tahun)
- $F_v$  : Biaya kirim pemasok (\$/pengiriman)
- $C_{fv}$  : Biaya emisi karbon tetap pemasok (\$/pengiriman)
- $C_{vv}$  : Biaya emisi karbon variabel pemasok (\$/ton)
- $EVW_v$  : Berat kendaraan tanpa muatan pemasok (ton)
- $C_{av}$  : Biaya kesalahan inspeksi tipe II pemasok (\$/unit/ tahun)
- $C_r$  : Biaya kesalahan inspeksi tipe I pemasok (\$/unit/ tahun)
- $R_v$  : Biaya *rework* pemasok (\$/unit)
- $s$  : Harga jual pemasok (\$/unit)
- $b$  : Indeks kurva belajar
- $i$  : Indeks siklus kurva belajar
- $T_1$  : Waktu produksi unit pertama
- $T_{pi}$  : Waktu produksi siklus ke- $i$
- $T_{di}$  : Waktu non produksi siklus ke- $i$
- $D$  : Tingkat permintaan (unit/tahun), dimana  $D = \alpha p^{-\beta}$  dengan  $\alpha$  adalah faktor pengali dan  $\beta$  adalah indeks elastisitas harga
- $O_b$  : Biaya pesan pembeli (\$/pemesanan)
- $P_b$  : Biaya pembelian pembeli (\$/unit)
- $H_b$  : Biaya simpan pembeli (\$/unit/ tahun)
- $C_i$  : Biaya inspeksi pembeli (\$/unit/ tahun)
- $F_b$  : Biaya pengembalian pembeli (\$/pengiriman)
- $C_{fb}$  : Biaya emisi karbon tetap pembeli (\$/pengiriman)
- $C_{vb}$  : Biaya emisi karbon variabel pembeli (\$/ton)
- $EVW_b$  : Berat kendaraan tanpa muatan pembeli (ton)
- $C_{ab}$  : Biaya kesalahan inspeksi tipe II pembeli (\$/unit/ tahun)
- $p$  : Harga jual pembeli (\$/unit)
- $x$  : Tingkat inspeksi pembeli (unit/ tahun)
- $\gamma$  : Probabilitas kecacatan produk yang dipasok oleh pemasok
- $\gamma_e$  : Probabilitas kecacatan produk yang diinspeksi oleh pembeli
- $e_1$  : Probabilitas kesalahan tipe I (produk baik sebagai produk cacat)
- $e_2$  : Probabilitas kesalahan tipe II (produk cacat sebagai produk baik)
- $T$  : Waktu siklus pembeli
- $EJTP$  : Ekspektasi total keuntungan gabungan tahunan (\$/tahun)



### 3.2 Formulasi Model

Formulasi model pada penelitian ini mengacu pada model persediaan Khan, et al. (2014), Rad, et al. (2014) dan Jauhari, et al. (2014). Formulasi model tersebut adalah sebagai berikut :

#### Biaya Setup Pemasok

Biaya setup merupakan biaya untuk mempersiapkan produksi ( $S_v$ ) per siklus produksi.

$$\text{Biaya Setup} = S_v \tag{1}$$

#### Biaya Produksi Pemasok

Biaya produksi merupakan biaya yang terdiri dari biaya pembelian ( $P_v$ ) sejumlah  $nQ$  bahan baku dan biaya tenaga kerja ( $C_p$ ) per waktu produksi ( $T_{pi}$ ) dalam persamaan (4).

$$\text{Biaya Produksi} = \frac{C_p (nQ)^{1-b} T_1 \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{1-b} + P_v * n * Q \tag{2}$$

#### Biaya Simpan Pemasok

Biaya simpan merupakan biaya untuk menyimpan produk jadi pemasok. Model persediaan ini menggunakan *Economic Production Quantity*, di mana selama proses produksi dan penyimpanan berlangsung, juga terjadi pengiriman produk jadi ke pembeli. Pemasok memproduksi produk dengan kecepatan semakin lama semakin bertambah, walaupun tingkat permintaan tetap (Wright, 1936). Dalam setiap siklus produksi menghasilkan sejumlah  $Q_p (=nQ)$  unit dengan indeks kurva belajar sebesar  $b$ . Waktu produksi pada siklus ke- $i$  ( $T_{pi}$ ) adalah

$$T_{pi} = \int_{(i-1)Q_p}^{iQ_p} T_1 x^{-b} dx \tag{3}$$

$$T_{pi} = \frac{T_1 Q_p^{1-b} \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{1-b} \tag{4}$$

Sehingga dapat dijadikan dalam bentuk unit  $Q(t)$ , untuk menghitung persediaan rata-rata selama waktu produksi ( $T_{pi}$ ).

$$Q(t) = \left( \frac{(1-b) T_p}{T_1 \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}} \right)^{\frac{1}{1-b}} \tag{5}$$

$$\text{Persediaan rata - rata selama } T_{pi} = \int_0^{T_{pi}} Q(t) dt \tag{6}$$

$$\text{Persediaan rata - rata selama } T_{pi} = \frac{T_1 (nQ)^{2-b} \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{2-b} \tag{7}$$

Waktu untuk memproduksi unit pertama setelah siklus ke- $i$  ( $T_{1i}$ ) adalah

$$T_{1i} = \int_{(i-1)nQ}^{Q+(i-1)nQ} T_1 x^{-b} dx \tag{8}$$

$$T_{1i} = \frac{T_1 Q^{1-b} \{1 + (i-1)n^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b}\}}{1-b} \tag{9}$$

Persediaan rata-rata selama waktu non-produksi ( $T_{di}$ ) dapat dihitung melalui luas daerah Gambar 2.

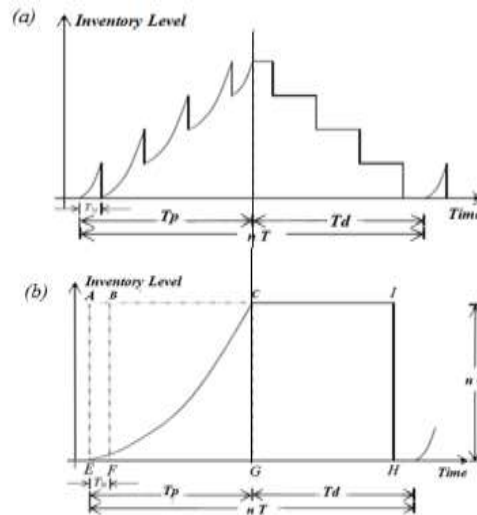
$$\text{Persediaan rata - rata selama } T_{di} = \text{Area}_{ABEF} + \text{Area}_{BIFH} - \text{Area}_{ACGE} \tag{10}$$

$$\text{Persediaan rata - rata selama } T_{di} = nQ T_{1i} + nQ \left( \frac{(n-1)Q}{D} \right) - nQ T_{pi} \tag{11}$$

$$\text{Persediaan rata - rata selama } T_{di} = \frac{n T_1 Q^{2-b} \{1 + (i-1)n^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b}\}}{\frac{1-b}{T_1 (nQ)^{2-b} \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}} + \frac{n(n-1)Q^2}{D} \tag{12}$$







Gambar 2 Profil Persediaan Pemasok

Persediaan total pemasok merupakan penjumlahan persediaan selama waktu produksi dan waktu non produksi dikurangi persediaan yang berpindah dari pemasok ke pembeli.

$$\text{Persediaan total pemasok} = I_{Tpi} + I_{Tdi} - \frac{n(n-1)Q^2}{D} \quad (13)$$

$$\text{Persediaan total pemasok} = \frac{n T_1 Q^{2-b} \{(1 + (i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b}\}}{T_1 (nQ)^{2-b} \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}} + \frac{n(n-1)Q^2}{2D} - \frac{1-b}{(2-b)(1-b)} \quad (14)$$

Total biaya simpan merupakan hasil kali biaya simpan per unit dengan total persediaan.

$$\text{Biaya simpan} = Hv \left( \frac{Q^{2-b} n T_1 \{(1 + (i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b}\}}{1-b} + \frac{n(n-1)Q^2}{2D} - \frac{(nQ)^{2-b} T_1 \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{(2-b)(1-b)} \right) \quad (15)$$

#### Biaya Kirim Pemasok

Biaya kirim merupakan biaya untuk mengirim produk jadi ( $F_v$ ) per pengiriman  $n$ .

$$\text{Biaya kirim} = F_v * n \quad (16)$$

#### Biaya Emisi Karbon Pemasok

Biaya emisi karbon merupakan biaya untuk emisi karbon yang dihasilkan oleh proses pengiriman produk jadi yang terdiri dari biaya emisi karbon tetap ( $C_{fv}$ ) per pengiriman  $n$  dan biaya emisi karbon variabel ( $C_{vv}$ ) per total berat muatan kendaraan, baik berat produk  $nQL$  maupun kendaraan kosong  $EVW_v$ .

$$\text{Biaya emisi karbon} = C_{fv} * n + C_{vv} * (n * Q * L + EVW_v) \quad (17)$$

#### Biaya Kesalahan Inspeksi Tipe I Pemasok

Biaya kesalahan inspeksi tipe I merupakan biaya karena salah mengklasifikasikan produk baik sebagai produk cacat ( $C_r$ ) sejumlah  $nQ(1-\gamma)e_1$  unit.

$$\text{Biaya kesalahan inspeksi tipe I} = C_r * n * Q * (1 - \gamma) * e_1 \quad (18)$$

#### Biaya Kesalahan Inspeksi Tipe II Pemasok

Biaya kesalahan inspeksi tipe II merupakan biaya karena salah mengklasifikasikan produk cacat sebagai produk baik ( $C_{av}$ ) sejumlah  $nQ\gamma e_2$  unit.

$$\text{Biaya kesalahan inspeksi tipe II} = C_{av} * n * Q * \gamma * e_2 \quad (19)$$

#### Biaya Rework Pemasok

Biaya rework merupakan biaya untuk memperbaiki sejumlah  $nQ\gamma e_1(1-e_2)$  produk cacat ( $R_v$ ).

$$\text{Biaya rework} = R_v * n * Q * \gamma * (1 - e_2) \quad (20)$$

#### Biaya Pesan Pembeli

Biaya pesan merupakan biaya untuk memesan produk jadi ( $O_b$ ) per pemesanan  $n$ .

$$\text{Biaya pesan} = O_b * n \quad (21)$$



**Biaya Pembelian Pembeli**

Biaya pembelian merupakan biaya untuk membeli sejumlah  $nQ$  produk jadi ( $P_b$ ).

$$\text{Biaya pembelian} = P_b * n * Q \quad (22)$$

**Biaya Inspeksi Pembeli**

Biaya inspeksi merupakan biaya untuk menginspeksi sejumlah  $nQ$  produk jadi ( $C_i$ ).

$$\text{Biaya inspeksi} = C_i * n * Q \quad (23)$$

**Biaya Pengembalian Pembeli**

Biaya pengembalian merupakan biaya untuk mengembalikan produk yang dianggap cacat ( $F_b$ ) per pengiriman  $n$ .

$$\text{Biaya pengembalian} = F_b * n \quad (24)$$

**Biaya Emisi Karbon Pembeli**

Biaya emisi karbon merupakan biaya untuk emisi karbon yang dihasilkan oleh proses pengembalian produk cacat yang terdiri dari biaya emisi karbon tetap ( $C_{fb}$ ) per pengiriman  $n$  dan biaya emisi karbon variabel ( $C_{vb}$ ) per total berat muatan kendaraan, baik berat produk cacat  $nQL\gamma_e$  maupun kendaraan kosong  $EVW_b$ .

$$\text{Biaya emisi karbon} = C_{fb} * n + C_{vb} * (n * Q * L * \gamma_e + EVW_b) \quad (25)$$

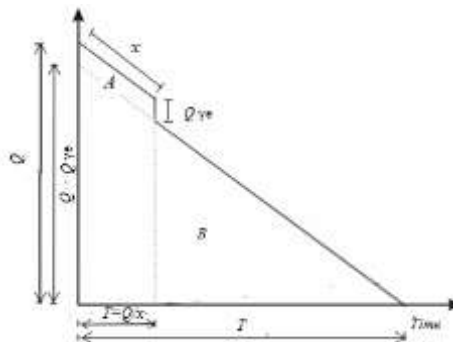
**Biaya Kesalahan Inspeksi Tipe II Pembeli**

Biaya kesalahan inspeksi tipe II merupakan biaya karena salah mengklasifikasikan produk cacat sebagai produk baik ( $C_{ab}$ ) sejumlah  $nQ\gamma e_2$  unit.

$$\text{Biaya kesalahan inspeksi tipe II} = C_{ab} * n * Q * \gamma * e_2 \quad (26)$$

**Biaya Simpan Pembeli**

Biaya simpan merupakan biaya untuk menyimpan produk pembeli yang terdiri dari produk baik dan produk cacat.



Gambar 3 Profil Persediaan Pembeli

Persediaan produk cacat merupakan luas bangun jajar genjang daerah A pada Gambar 3.

$$\text{Persediaan rata-rata produk cacat} = Q \gamma e * t \quad (27)$$

Dimana nilai  $\gamma e$  didapatkan melalui rumusan berikut.

$$\gamma e = (1 - \gamma)e_1 + \gamma(1 - e_2) \quad (28)$$

Sedangkan nilai  $t$  didapatkan melalui Gambar 3.

$$t = \frac{Q}{x} \quad (29)$$

Sehingga dengan melakukan substitusi didapatkan rumusan persediaan rata-rata produk cacat berikut.

$$\text{Persediaan rata-rata produk cacat} = \frac{Q^2 \gamma e}{x} \quad (30)$$

Persediaan produk baik merupakan luas bangun segitiga daerah B pada Gambar 3.

$$\text{Persediaan rata-rata produk baik} = \frac{(Q - Q \gamma e) * T}{2} \quad (31)$$

Dimana nilai  $T$  didapatkan melalui Gambar 3.

$$T = \frac{(Q - Q \gamma e)}{D} \quad (32)$$

Sehingga dengan melakukan substitusi didapatkan rumusan persediaan rata-rata produk baik berikut.

$$\text{Persediaan rata - rata produk baik} = \frac{(Q-Q\gamma e)^2}{2D} \quad (33)$$

Total biaya simpan merupakan hasil kali biaya simpan per unit dengan total persediaan.

$$\text{Biaya simpan} = Hb * n * \left( \frac{Q^2}{x} * \gamma e + \frac{Q^2}{2 * D} * \{1 - 2\gamma e + \gamma e^2\} \right) \quad (34)$$

### Total Biaya Persediaan Gabungan

Total biaya persediaan gabungan merupakan penjumlahan dari semua biaya persediaan pemasok dan pembeli yakni sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total biaya persediaan gabungan} = & Sv + \frac{Cp (nQ)^{1-b} T_1 \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{1-b} + Pv * n * Q + Fv * n + \\ & Cfv * n + Pv * n * Q + Fv * n + Cfv * n + Hv * \\ & \left( \frac{Q^{2-b} n T_1 \{(1+(i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b}\}}{1-b} + \frac{n(n-1)Q^2}{2D} - \right. \\ & \left. \frac{(nQ)^{2-b} T_1 \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{(2-b)(1-b)} \right) + Cvv * (n * Q * L + EVWv) + \\ & Cr * n * Q * (1 - \gamma) * e1 + Cav * n * Q * \gamma * e2 + Rv * \\ & n * Q * \gamma * (1 - e2) + Ob * n + Pb * n * Q + Ci * n * Q + \\ & Fb * n + Cfb * n + Cvb * (n * Q * L * \gamma e + EVWb) + \\ & Cab * n * Q * \gamma * e2 + Hb * n * \\ & \left( \frac{Q^2 \gamma e}{x} + \frac{Q^2 \{1 - 2\gamma e + \gamma e^2\}}{2D} \right) \end{aligned} \quad (35)$$

### Total Penjualan Gabungan

Total penjualan gabungan merupakan penjumlahan dari penjualan pemasok sejumlah  $nQ$  produk seharga  $s$  dan penjualan pembeli sejumlah  $nQ$  produk seharga  $p$ .

$$\text{Total penjualan gabungan} = (s * n * Q) + (p * n * Q) \quad (36)$$

### Total Keuntungan Gabungan

Total keuntungan gabungan merupakan selisih dari total penjualan gabungan dengan total biaya persediaan gabungan yakni sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{Total keuntungan gabungan} = & (s * n * Q + p * n * Q) - \left( Sv + \frac{Cp (nQ)^{1-b} T_1 \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{1-b} + \right. \\ & Pv * n * Q + Hv * \left( \frac{Q^{2-b} n T_1 \{(1+(i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b}\}}{1-b} + \right. \\ & \left. \frac{n(n-1)Q^2}{2D} - \frac{(nQ)^{2-b} T_1 \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{(2-b)(1-b)} \right) + Fv * n + Cfv * n + \\ & Cvv * (n * Q * L + EVWv) + Cr * n * Q * (1 - \gamma) * e1 + \\ & Cav * n * Q * \gamma * e2 + Rv * n * Q * \gamma * (1 - e2) + Ob * n + \\ & Pb * n * Q + Ci * n * Q + Fb * n + Cfb * n + Cvb * \\ & (n * Q * L * \gamma e + EVWb) + Cab * n * Q * \gamma * e2 + Hb * n * \\ & \left. \left( \frac{Q^2 \gamma e}{x} + \frac{Q^2 \{1 - 2\gamma e + \gamma e^2\}}{2D} \right) \right) \end{aligned} \quad (37)$$

### Ekspektasi Total Keuntungan Gabungan Tahunan

Dalam total keuntungan gabungan masih terdapat beberapa parameter yang berupa peluang, sehingga perlu diubah dalam bentuk ekspektasi  $E[\gamma]$ ,  $E[\gamma_e]$ ,  $E[e_1]$  dan  $E[e_2]$ . Ekspektasi total keuntungan gabungan tahunan didapat dengan membagi terhadap  $nE[T]$  (Maddah dan Jaber, 2008). Dengan menggnati  $D = \alpha p^{-\beta}$  dan  $T_1 = \frac{1}{R}$ , maka didapat :

$$\begin{aligned} EJTP(Q, n, p) = & \left( \frac{\alpha p^{-\beta}}{nQ(1-E[\gamma e])} \right) (s * n * Q + p * n * Q) - \left( Sv + \frac{Cp (nQ)^{1-b} \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{R(1-b)} + Pv * n * Q \right. \\ & + Hv \left( \frac{Q^{2-b} n \{(1+(i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b}\}}{R(1-b)} + \frac{n(n-1)Q^2}{2\alpha p^{-\beta}} - \frac{(nQ)^{2-b} \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{R(2-b)(1-b)} \right) \\ & + Fv * n + Cfv * n + Cvv * (n * Q * L + EVWv) + Cr * n * Q * (1 - E[\gamma]) \\ & * E[e1] + Cav * n * Q * E[\gamma] * E[e2] + Rv * n * Q * E[\gamma] * (1 - E[e2]) \\ & + Ob * n + Pb * n * Q + Ci * n * Q + Fb * n + Cfb * n + Cvb \\ & * (n * Q * L * E[\gamma e] + EVWb) + Cab * n * Q * E[\gamma] * E[e2] + Hb * n * \\ & \left. \left( \frac{Q^2 E[\gamma e]}{x} + \frac{Q^2 \{1 - 2E[\gamma e] + E[\gamma e]^2\}}{2\alpha p^{-\beta}} \right) \right) \end{aligned} \quad (38)$$



**Solusi Optimal Model**

Variabel keputusan optimal yang terdiri dari harga jual pembeli ( $p$ ) dan ukuran lot pengiriman ( $Q$ ) didapatkan dengan melakukan penurunan pertama fungsi total keuntungan gabungan tahunan terhadap variabel keputusan tersebut, sedangkan untuk variabel jumlah pengiriman ( $n$ ) dilakukan melalui iterasi dengan bantuan algoritma.

$$p^* = \left( \frac{\beta}{1-\beta} \right) (-Pb - Cvv * L - Cvb * L * E[\gamma e] - Cab * E[\gamma] * E[e2] + s - Pv - Cr$$

$$* (1 - E[\gamma]) * E[e1] - Cav * E[\gamma] * E[e2] - Rv * E[\gamma] * (1 - E[e2])$$

$$Q^{1-b} Hv \left\{ (1 + (i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b} \right\} \frac{(Ob + Fb + Fv + Cfv + Cfb)}{Q}$$

$$- \frac{R(1-b)}{Q} \frac{QE[\gamma e] Hb}{(nQ)^{-b} Cp \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}} - \frac{Sv}{nQ} \frac{R(1-b)}{R(2-b)(1-b)}$$

$$+ \left( \frac{x}{R(2-b)(1-b)} \frac{nQ}{(nQ)^{1-b} Hv \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}} - \frac{Cvv EVWv}{nQ} - \frac{Cvb EVWb}{nQ} \right) \quad (39)$$

$$Q^* = \frac{\left( \frac{ap^{-\beta} \frac{1}{1-E[\gamma e]} n^{1-b} Q^{-b} Hv \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{R(2-b)} \right)}{2 \left( \frac{ap^{-\beta} \frac{1}{1-E[\gamma e]} Hv Q^{-b} \left\{ (1+(i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b} \right\}}{R} + \frac{ap^{-\beta} E[\gamma e] \frac{1}{1-E[\gamma e]} Hb}{x} + \frac{Hb \frac{1}{1-E[\gamma e]} \{1-2E[\gamma e] + E[\gamma e]^2\}}{2} \right)}$$

$$+ \frac{Hv \frac{1}{1-E[\gamma e]} (n-1)}{2} - \frac{ap^{-\beta} \frac{1}{1-E[\gamma e]} n^{1-b} Q^{-b} Hv \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{R(2-b)}$$

$$\sqrt{4 \left( \left( \frac{ap^{-\beta} \frac{1}{1-E[\gamma e]} n^{1-b} Q^{-b} Hv \{i^{1-b} - (i-1)^{1-b}\}}{R(2-b)} \right)^2 + \frac{ap^{-\beta} \frac{1}{1-E[\gamma e]} Hv Q^{-b} \left\{ (1+(i-1)n)^{1-b} - ((i-1)n)^{1-b} \right\}}{R} + \frac{ap^{-\beta} E[\gamma e] \frac{1}{1-E[\gamma e]} Hb}{x} + \frac{Hb \frac{1}{1-E[\gamma e]} \{1-2E[\gamma e] + E[\gamma e]^2\}}{2} \right)}$$

$$\left( \frac{ap^{-\beta} \frac{1}{1-E[\gamma e]} (Ob + Fb + Fv + Cfv + Cfb) + \frac{ap^{-\beta} Sv \frac{1}{1-E[\gamma e]}}{n}}{n} + \frac{ap^{-\beta} Cvv EVWv \frac{1}{1-E[\gamma e]} + \frac{ap^{-\beta} Cvb EVWb \frac{1}{1-E[\gamma e]}}{n}}{n} \right) \quad (40)$$

**Algoritma Pencarian Solusi Optimal**

1. Hitung solusi optimal untuk siklus  $i = 1$ , dan tetapkan  $n$  awal,  $n_0 = 1$ .
2. Hitung  $p$  awal  $p_1$  dengan asumsi  $Q_0 = 0$  dan  $Q$  awal  $Q_1$  menggunakan  $p_1$  dan  $Q_0$ .
3. Hitung  $p$  selanjutnya  $p_x$  dengan menggunakan  $Q_{x-1}$  dan  $Q$  selanjutnya  $Q_x$  dengan menggunakan  $p_x$  dan  $Q_{x-1}$ .
4. Ulangi algoritma 2 dan 3 sampai  $Q_x = Q_{x-1}$ .
5. Misalkan nilai  $n = n + 1$ , ulangi algoritma 2 hingga 4 untuk memperoleh nilai  $EJTP(n, Q^{(n)}, p^{(n)})$ .
6. Jika  $EJTP(n, Q^{(n)}, p^{(n)}) \geq EJTP(n-1, Q^{(n-1)}, p^{(n-1)})$  maka kembali ke algoritma 5. Jika tidak maka nilai optimal adalah  $(n^*, Q^*, p^*) = (n-1, Q^{(n-1)}, p^{(n-1)})$ .
7. Ulangi algoritma 1 hingga 6 untuk menghitung solusi optimal hingga siklus  $i = 10$ .
8. Solusi optimal adalah rata-rata  $EJTP, TP_v, TP_b, Q, n$  dan  $p$  untuk  $i = 1$  hingga  $i = 10$ .



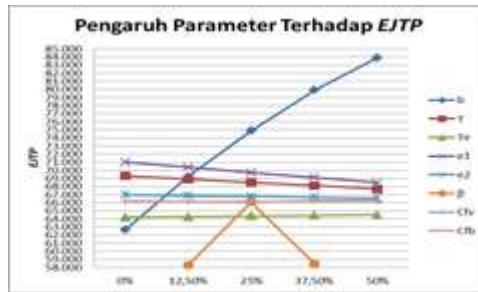
### 3.3 Perhitungan Contoh Numerik

Perhitungan contoh numerik mengacu pada model Khan, et al. (2014), Rad, et al. (2014), serta Jauhari, et al. (2014). Contoh numerik untuk setiap parameter yang digunakan antara lain :  $\alpha = 300.000$ ;  $\beta = 1,25$ ;  $R = 3.200$  unit / tahun;  $L = 0,01$  ton;  $F_v = \$ 100$  / pengiriman;  $H_v = \$ 4$  / unit / tahun;  $C_p = \$ 100.000$  / tahun;  $b = 0,32$ ;  $S_v = \$ 400$  / siklus;  $s = \$ 45$  / unit;  $R_v = \$ 25$  / unit;  $P_v = \$ 5$  / unit;  $C_{fv} = \$ 10$  / pengiriman;  $C_{fb} = \$ 5$  / pengiriman;  $C_{vv} = \$ 50$  / ton;  $C_{v\gamma} = \$ 50$  / ton;  $C_r = \$ 50$  / unit / tahun;  $C_{av} = \$ 300$  / unit / tahun;  $F_b = \$ 100$  / pengiriman;  $O_b = \$ 25$  / pemesanan;  $C_i = \$ 0,5$  / unit / tahun;  $P_v = \$ 45$  / unit;  $C_{ab} = \$ 200$  / unit / tahun;  $H_b = \$ 5$  / unit / tahun;  $x = 175.200$  unit / tahun;  $E[\gamma] = 0,02$ ;  $E[\gamma_e] = 0,02$ ;  $E[e_1] = 0,02$ ;  $E[e_2] = 0,02$ . Dengan asumsi pemasok menggunakan *straight truck* berporos 3 dan pembeli menggunakan *straight truck* berporos 2, maka berdasarkan tabel karakteristik kendaraan pada penelitian Sathaye (2010) diketahui parameter  $EVW_v = 14,5$  ton dan  $EVW_b = 6,2$  ton. Perhitungan contoh numerik dan pencarian nilai solusi optimal dilakukan dengan bantuan *software* MatlabR2014a. dengan menggunakan algoritma pencarian solusi optimal, dapat diketahui nilai optimal sebagai berikut :

Tabel 1 Solusi Optimal

	$p$	$Q$	$n$	$TP_v$	$TP_b$	$EJTP$
<b>Solusi Optimal</b>	55.14	155	17	80.017	17.1890	95.722

### 3.4 Analisis Sensitivitas



Gambar 4 Analisis Sensitivitas  $EJTP$

Berdasarkan Gambar 4 dapat diketahui bahwa kenaikan parameter  $b$  menyebabkan kenaikan total keuntungan gabungan yang dikarenakan biaya produksi menurun. Sedangkan kenaikan parameter  $\gamma$ ,  $\gamma_e$ ,  $e_1$  dan  $e_2$  menyebabkan penurunan total keuntungan gabungan yang dikarenakan biaya kesalahan inspeksi baik tipe I dan II meningkat. Untuk parameter  $C_{fv}$  dan  $C_{fb}$  tidak cukup berpengaruh, sedangkan untuk parameter  $\beta$  memiliki titik maksimal yang menunjukkan bahwa semakin elastis harga menyebabkan kenaikan total keuntungan gabungan yang pada suatu harga tertentu akan mengalami penurunan.

Tabel 2 Analisis Sensitivitas Jenis Kendaraan

$EVW_2$	$EVW_1$	Straight Truck 2 Axle	Straight Truck 3 Axle	Straight Truck 4 Axle	3 Axle Tractor & 2 Axle Trailer	3 Axle Tractor & 3 Axle Trailer	Solusi Optimal
		 4,1 ton \$ 65,84	 9,9 ton \$ 65,54	 12,4 ton \$ 65,41	 13,5 ton \$ 65,36	 15,1 ton \$ 65,28	
 Straight Truck 2 Axle	4,1 ton	1.599 unit	1.608 unit	1.612 unit	1.614 unit	1.616 unit	$p$
		119 unit	121 unit	122 unit	123 unit	124 unit	$Q$
		24 kali	24 kali	24 kali	24 kali	24 kali	$n$
		\$ 65.410	\$ 65.740	\$ 65.879	\$ 65.939	\$ 66.026	$TP_1$
		\$ 31.695	\$ 31.414	\$ 31.295	\$ 31.244	\$ 31.169	$TP_2$
		\$ 92.323	\$ 92.370	\$ 92.390	\$ 92.398	\$ 92.410	$EJTP$

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa dengan pertimbangan jenis kendaraan menghasilkan solusi optimal yang berbeda-beda. Semakin besar ukuran kendaraan, keuntungan pemasok dan ukuran *lot* pengiriman semakin besar, untuk mencapai daya tampung maksimal. Sedangkan harga jual pembeli semakin rendah hal ini dikarenakan menurunnya keuntungan pembeli.

Tabel 3 Perbandingan Solusi Optimal Terhadap Pertimbangan Faktor

	$p$	$Q$	$n$	$TP_1$	$TP_2$	$EJTP$
<b>Kurva Belajar</b>	55,84	122	26	81.731	18.577	94.651
<b>Kesalahan Inspeksi</b>	209,57	62	14	3.459	63.430	66.895
<b>Kurva Belajar dan Kesalahan Inspeksi</b>	63,16	111	26	69.778	28.787	93.501
<b>Kurva Belajar, Kesalahan Inspeksi dan Biaya Emisi Karbon</b>	65,22	124	24	66.150	31.055	92.420

Berdasarkan Tabel 3 dapat diketahui bahwa dengan mempertimbangkan hanya kurva belajar menghasilkan total keuntungan gabungan tertinggi dan harga jual pembeli terendah dikarenakan menurunnya biaya produksi, dengan kenaikan keuntungan pemasok tertinggi. Dengan mempertimbangkan kesalahan inspeksi menghasilkan total keuntungan gabungan terendah dan keuntungan pembeli tertinggi serta harga jual pembeli tertinggi, hal ini dikarenakan peningkatan kualitas membutuhkan biaya lebih besar. Dengan mempertimbangkan keduanya, menghasilkan total keuntungan yang lebih seimbang. Sedangkan dengan menambahkan pertimbangan keduanya ditambah dengan biaya emisi karbon, menghasilkan total keuntungan gabungan yang sedikit menurun dan harga jual pembeli lebih tinggi.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pengembangan model persediaan yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa model persediaan yang dikembangkan dapat digunakan dalam sistem rantai pasok yang mempertimbangkan kurva belajar, kesalahan inspeksi, *price dependent demand* dan biaya emisi karbon sebagai pengambilan keputusan manajemen persediaan untuk menentukan ukuran *lot* pengiriman produksi, jumlah pengiriman dan harga jual pembeli yang tepat secara kuantitatif. Selain itu, model tersebut juga dapat digunakan sebagai pertimbangan kuantitatif dalam pemilihan moda transportasi untuk investasi awal.

Perlu adanya pengembangan lebih lanjut dalam pengembangan model persediaan ini diantaranya dengan mempertimbangkan lebih dari satu pihak pembeli untuk mengetahui kompetisi dalam penentuan harga serta mengetahui perhitungan biaya emisi karbon untuk memenuhi *corporate social responsibilities* dalam keseluruhan rantai distribusi.



### Daftar Pustaka

- Goyal, S., K., 1976, An integrated inventory model for a single supplier – single customer problem, *International Journal of Production Research*, Vol. 15 pp. 107-111.
- Jauhari, W., A., Pamuji, A., S., and Rosyidi, C., N., 2014, Cooperative inventory model for vendor-buyer system with unequal-sized shipment, defective items and carbon emission cost, *Journal of Logistics Systems and Managements*, Vol. 19 pp. 163-186.
- Khan, M., Jaber, M., Y., and Ahmad, A., R., 2014, An integrated supply chain model with errors in quality inspection and learning in production, *Journal of Management Science*, pp. 16-24.
- Maddah, B., and Jaber, M., Y., 2008, Economic order quantity for items with imperfect quality: revisited, *International Journal of Production Economics*, Vol. 112 pp. 808–822.
- Proteus, E., L., 1986, Optimal lot sizing, process quality improvement and setup cost reduction, *Operations Research*, Vol. 34 pp. 137–144.
- Rad, M., A., Khoshalhan, F., and Glock, C., H., 2014, Optimizing inventory and sales decisions in a two-stages supply chain with imperfect production and backorders, *Computers & Industrial engineering*, pp. 219-227.
- Sathaye, N., Horvath, A., and Madanat, S., 2010, Unintended impact of increased truck loads on pavement supply chain emissions, *Transportation Research Part A*, Vol. 44 pp. 1–5.
- Whitin, T., M., 1955, Inventory control and price theory, *Management Science*, Vol. 2 pp. 61–68.
- Wortham, A., W., and Mayyasi, A., M., 1972, Learning considerations with economic order quantity, *AIIE Transactions*, Vol. 4 pp. 69–71.
- Wright, T., 1936, Factors affecting the cost of airplanes, *Journal of Aeronautical Science*, Vol. 3 pp. 122–129.
- Yoo, S., H., Kim, D., and Park, M., S., 2009, Economic production quantity model with imperfect-quality items, two-way imperfect inspection and sales return, *International Journal of Production Economics*, Vol. 121 pp. 255-265.



## Pengembangan Model *Part Time Server* pada Sistem Antrian

**Nur Intan Zuharoh dan Subagyo**

Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik,  
Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika 2, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 521673  
E-mail: intanzuharoh@gmail.com

### Intisari

*Panjang antrian dapat mempengaruhi keputusan pelanggan untuk tidak bergabung dengan antrian. Hal ini menyebabkan kerugian bagi pihak perusahaan karena kehilangan pelanggannya. Solusi yang dapat digunakan untuk mengurangi panjang antrian dapat menggunakan penambahan sistem pelayanan secara permanen maupun secara sementara atau yang disebut part time server. Tujuan dari makalah ini adalah mengembangkan model dengan konsep part time server. Dalam mengembangkan model digunakan data tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan dalam sistem antrian. Selain itu untuk menunjukkan ketidakpastian data tersebut maka digunakan simulasi Monte Carlo. Hasil pemodelan tersebut menunjukkan bahwa model merepresentasikan sistem antrian dengan karakteristik distribusi tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan adalah Poisson. Model ini mempertimbangkan beberapa faktor, seperti utilitas server periode sebelumnya, panjang antrian periode sebelumnya, tingkat kedatangan pada periode ini, interval waktu pengamatan, waktu standar pelayanan, waktu rata-rata pelayanan, dan jumlah server.*

*Kata Kunci: sistem antrian, part time server*

### 1. Pendahuluan

#### Latar belakang

Jumlah pelanggan dalam antrian pelanggan fisik seperti bank dan *supermarket*, menjadi faktor yang penting dalam keputusan pelanggan untuk bergabung dalam antrian (Lu *et al*, 2012). Lu *et al* (2012) juga menjelaskan bahwa perilaku transaksi pelanggan dipengaruhi oleh persepsi waktu tunggu yang dapat dibentuk berdasarkan panjang antrian dan jumlah pelayanan yang ada. Jadi, jika pelanggan membuat keputusan bergabung dengan antrian berdasarkan panjang antrian, maka antrian yang panjang dapat menyebabkan pengunjung memutuskan untuk meninggalkan antrian tersebut. Hal ini merupakan suatu kerugian bagi pihak perusahaan karena kehilangan pelanggannya. Dengan demikian untuk tetap menjaga kesetiaan pelanggan, perusahaan harus meningkatkan kualitas pelayanan yang diberikan. Namun, dalam meningkatkan kualitas pelayanan tentunya juga akan mempengaruhi biaya-biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan.

Dalam sistem antrian terdapat dua pendekatan yang digunakan, yaitu pendekatan *time-independent* dan pendekatan *time-dependent*. Menurut Liani (2008) kondisi sistem nyata tingkat kedatangan berkaitan dengan waktu, misalnya waktu istirahat, periode pembayaran kuliah, dan jam kerja. Oleh karena itu, pendekatan *time-independent* dirasa belum tepat untuk menganalisis suatu sistem antrian (Mustova, 2010), sehingga penelitian mengenai pendekatan *time-dependent* dalam mengurangi waktu antrian terus berkembang. Saat ini beberapa model matematis telah dikembangkan dengan pendekatan *time-dependent*, seperti yang telah dilakukan oleh Wulandari (2007), Widiatmoko (2007), Liani (2008), dan Woko (2008). Tujuan dari penelitian tersebut adalah untuk mengurangi waktu antrian dengan lebih merepresentasikan keadaan sistem nyata yang bergantung pada waktu.





Pendekatan *time-dependent* dalam analisis antrian dapat digunakan untuk menentukan *part time server* (Mustova, 2010). *Part time server* merupakan salah satu alternatif yang dapat digunakan perusahaan dalam melakukan penambahan fasilitas pelayanan selain dengan konsep *full time server*. Mustova (2010) menjelaskan bahwa *full time server* merupakan konsep yang umum digunakan di perusahaan, yang berarti jumlah *server* adalah tetap sepanjang waktu kerja. *Part time server* adalah *server* yang hanya digunakan untuk membantu *server* utama dalam mengurangi antrian yang panjang atau menggantikan pada waktu istirahat, setelah panjang antrian kembali normal atau waktu istirahat selesai *part time server* akan diberhentikan. Apabila perusahaan menerapkan konsep *full time server*, maka pada saat periode sibuk, antrian menjadi bertambah banyak dan kemungkinan kehilangan pelanggan menjadi lebih besar (Mustova, 2010). Oleh karena itu, konsep *part time server* menjadi hal yang diperlukan untuk menghindari kehilangan pelanggan tersebut.

Model antrian yang telah dikembangkan dengan pendekatan *time-dependent* oleh Wulandari (2007), Widiatmoko (2007), Liani (2008) dan Woko (2008) masih belum mampu mempertimbangkan pentingnya *part time server* karena model antrian tersebut masih berupa perhitungan performansi sistem antrian. Padahal semakin kompleksnya kondisi operasi antrian saat ini, terutama dalam rangka peningkatan kemampu-usahaan sebuah entitas bisnis, cukup banyak praktik-praktik penambahan *part time server* (Liani *et al*, 2009).

Oleh karena itu, masih diperlukan pengembangan model matematis dalam menentukan *part time server* dengan pendekatan *time-dependent*. Dari pengembangan model tersebut diharapkan model sistem antrian akan lebih mendekati sistem antrian yang nyata karena kondisi saat ini *part time server* lebih banyak diperlukan, seperti di bank dan *supermarket*.

### 1.1. Asumsi dan batasan masalah

Asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Penelitian dilakukan dengan pendekatan *time dependent multi channel single phase* dengan tidak mempertimbangkan aspek biaya secara langsung.
2. Model *part time server* yang dibangun bertujuan untuk mengurangi waktu antrian yang direpresentasikan dengan mengurangi panjang antrian atau jumlah pelanggan di dalam sistem.
3. Jumlah *server* dan jumlah *part time server* disesuaikan dengan kebijakan perusahaan.
4. Terdapat minimum waktu *part time server* beroperasi.
5. Penelitian berfokus pada pelanggan yang datang, dilayani, dan kemudian keluar dari sistem.

### 1.2. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan model matematis *part time server* untuk menggambarkan sistem antrian.

## 2. Metodologi

Data yang digunakan untuk membangun model adalah data sistem antrian bank dan SPBU yang terdiri dari distribusi tingkat kedatangan, distribusi tingkat pelayanan, utilitas *server*, jumlah *server*, dan jumlah pelanggan. Jumlah *server* terdiri dari jumlah *server* pada periode sebelumnya ( $s_{t-1}$ ), jumlah *server* pada awal periode beroperasi suatu sistem ( $s_0$ ), jumlah *server* maksimal ( $s_{max}$ ), dan jumlah *server* standar yang telah ditentukan sesuai kebijakan perusahaan ( $s_{std}$ ). Jumlah pelanggan terdiri dari beberapa faktor yang saling berhubungan yaitu panjang antrian periode sebelumnya, tingkat kedatangan periode  $t$ , jumlah standar, dan rata-rata pelanggan yang dapat dilayani. Faktor panjang antrian dan tingkat kedatangan digunakan sebagai pertimbangan karena dalam menentukan panjang antrian di dalam sistem menggunakan kedua faktor tersebut. Sedangkan jumlah standar dan rata-rata pelanggan yang dapat dilayani dilihat berdasarkan interval waktu pengamatan, waktu pelayanan standar, dan waktu pelayanan rata-rata. Faktor waktu standar dan rata-rata pelayanan menjadi pertimbangan dalam model karena menurut Katz



et al pada tahun 1991 yang dikutip oleh Obamiro (2010) menyatakan bahwa kecepatan waktu pelayanan menjadi parameter kompetitif yang sangat penting.

Terdapat beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Langkah pertama yang dilakukan adalah identifikasi pola data. Setelah pola data diketahui kemudian dilakukan pembuatan simulasi model *Monte Carlo* untuk menunjukkan ketidakpastian pada data tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan dengan *input* distribusi tingkat kedatangan, distribusi tingkat pelayanan, dan jumlah *server*. Model simulasi dikatakan benar jika setelah dilakukan beberapa kali iterasi menghasilkan nilai yang konvergen dan mendekati nilai aslinya. Langkah selanjutnya setelah model simulasi dikatakan benar adalah mengembangkan model *part time server* dengan mempertimbangkan dua faktor, yaitu utilitas *server* dan jumlah pelanggan. Dalam pengembangan model yang dibangun, minimal harus terdapat satu dari dua faktor tersebut. Model *part time server* yang dibangun kemudian disimulasikan untuk menentukan alternatif model terbaik berdasarkan persentase penurunan panjang antrian dan faktor-faktor yang mempengaruhi. Hal tersebut disebabkan karena konsep *part time server* merupakan konsep penambahan *server* untuk membantu *server* utama dalam mengurangi panjang antrian. Model terbaik diperoleh berdasarkan persentase penurunan panjang antrian tertinggi dan banyaknya jumlah faktor yang mempengaruhi.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### 3.1. Identifikasi pola data

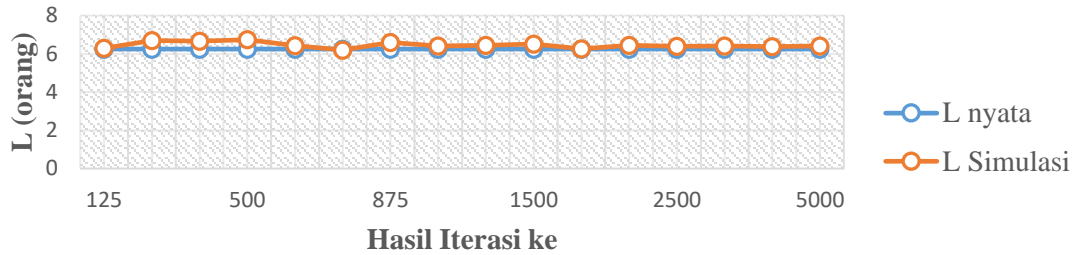
Data tingkat kedatangan pada sistem antrian yang ada diidentifikasi polanya menggunakan uji hipotesis sampel ganda, yaitu uji *Kruskall-Wallis*. Berdasarkan hasil uji tersebut diperoleh bahwa data tingkat kedatangan pada sistem tidak memiliki pola mingguan. Selanjutnya dilakukan identifikasi pola data harian yang hasilnya adalah data tingkat kedatangan memiliki pola harian.

#### 3.2. Pembangunan model simulasi *Monte Carlo*

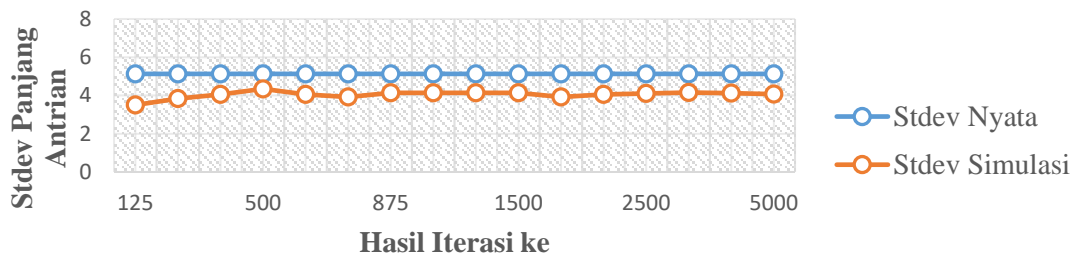
Simulasi ini dilakukan untuk menunjukkan ketidakpastian pada data tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan, sehingga *input* dari simulasi ini adalah distribusi tingkat kedatangan, distribusi tingkat pelayanan, dan jumlah *server*. Untuk itu dilakukan penentuan distribusi data tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan pada sistem berdasarkan data sistem antrian di bank dan SPBU. Hasil penentuan distribusi diperoleh bahwa distribusi yang cocok untuk data tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan adalah distribusi *Poisson*. Selanjutnya distribusi ini digunakan sebagai *input* model simulasi dalam menghitung jumlah pelanggan di dalam sistem pada periode  $t$  ( $L_t$ ). Formulasi model simulasi yang digunakan dalam menghitung jumlah pelanggan di dalam sistem pada periode  $t$  ( $L_t$ ) adalah Persamaan (1), yang memiliki arti notasi jumlah pelanggan di dalam sistem pada periode  $t-1$  ( $L_{t-1}$ ), tingkat kedatangan pada periode  $t$  ( $\lambda_t$ ), jumlah *server* pada periode  $t$  ( $st$ ), dan tingkat pelayanan pada periode  $t$  ( $\mu_t$ ). Simulasi dilakukan dengan beberapa kali iterasi untuk memperoleh hasil yang konvergen dan mendekati nilai pada sistem nyata. Setelah diperoleh hasil simulasi yang konvergen dan mendekati nilai pada sistem nyata, simulasi berhenti model dapat dikatakan sudah benar. Berdasarkan model simulasi yang sudah benar, kemudian langkah selanjutnya dikembangkan model *part time server*. Grafik hasil perhitungan statistik simulasi dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.



$$L(t) = \text{MAX} [0, L_{(t-1)} + \lambda_{(t)} - s_{(t)} \mu_{(t)}] \quad (1)$$



Gambar 1. Hasil simulasi panjang antrian dalam sistem (L)



Gambar 2. Hasil simulasi standar deviasi panjang antrian (L)

### 3.3. Pengembangan alternatif model *part time server*

Model *part time server* dibagi menjadi dua kategori. Kategori satu adalah kategori yang memiliki tiga kemungkinan penentuan jumlah *part time server*, yaitu bertambah hingga maksimal jumlah *server* yang telah ditentukan ( $s_{\max}$ ), berkurang dengan minimal jumlah *server* adalah jumlah *server* standar yang telah ditentukan ( $s_{\text{std}}$ ), atau tetap seperti jumlah *server* pada periode sebelumnya ( $s_{t-1}$ ). Untuk kategori dua adalah dimana hanya terdapat dua kemungkinan penentuan jumlah *part time server*, yaitu bertambah hingga maksimal jumlah *server* yang telah ditentukan ( $s_{\max}$ ) atau sama seperti jumlah *server* yang telah ditentukan.

Berdasarkan masing-masing kategori tersebut dibangunlah alternatif model *part time server* dengan pertimbangan dua faktor utama, yaitu utilitas *server* dan jumlah pelanggan. Dari dua faktor utama tersebut maka diperoleh empat alternatif model untuk masing-masing kategori, yaitu hanya faktor utilitas *server* yang digunakan, hanya faktor jumlah pelanggan yang digunakan, kedua faktor digunakan, dan tidak menggunakan kedua faktor. Model *part time server* yang dikembangkan setidaknya memiliki satu dari dua faktor utama, sehingga hanya terdapat enam alternatif model yang dibangun untuk kedua kategori.

Utilitas *server* menjadi pertimbangan karena menurut Taha (2007) sistem dapat beroperasi dengan baik jika dalam kondisi *steady state*, yaitu utilitas *server* kurang dari satu. Apabila utilitas *server* sebelumnya ( $\rho_{t-1}$ ) lebih dari satu, berarti kondisi sistem sudah tidak baik, sehingga diperlukan penambahan *server* untuk mengatasinya. Jumlah pelanggan ini terdiri dari beberapa faktor yang saling berhubungan yaitu tingkat kedatangan pada periode  $t$  ( $\lambda_t$ ), jumlah orang dalam antrian pada periode sebelumnya ( $L_{q,t-1}$ ), jumlah standar pelanggan yang dapat dilayani ( $N_{\text{std}}$ ), dan jumlah rata-rata pelanggan yang dapat dilayani ( $N_r$ ).

Faktor panjang antrian dan tingkat kedatangan digunakan sebagai pertimbangan karena dalam menentukan panjang antrian di dalam sistem menggunakan kedua faktor tersebut. Jumlah standar pelanggan yang dapat dilayani ( $N_{\text{std}}$ ) diperoleh dari pembagian interval waktu pengamatan dan waktu pelayanan standar sesuai kebijakan perusahaan, sedangkan jumlah rata-rata pelanggan yang dapat dilayani ( $N_r$ ) diperoleh dari pembagian interval waktu pengamatan dan waktu pelayanan rata-rata yang diberikan. Faktor waktu standar dan rata-rata pelayanan menjadi



pertimbangan dalam model karena menurut Katz *et al* pada tahun 1991 yang dikutip oleh Obamiro (2010) menyatakan bahwa kecepatan waktu pelayanan menjadi parameter kompetitif yang sangat penting. Untuk jumlah orang dalam antrian pada periode sebelumnya ( $L_{q_{t-1}}$ ) diperoleh dari formulasi berikut:

$$L_{q_{t-1}} = \max(0, \lambda_{t-1} + L_{q_{t-2}} - s_{t-1} \times \mu_{t-1}) - \min(s_{t-1}, \max(0, \lambda_{t-1} + L_{q_{t-2}} - s_{t-1} \times \mu_{t-1})) \quad (2)$$

Berikut adalah enam alternatif model *part time server* yang telah dibangun:

### 3.3.1. Alternatif 1

Pada alternatif pertama, model dibangun hanya dengan mempertimbangkan faktor utilitas *server* dan kategori satu, sehingga terdapat tiga kemungkinan jumlah *server* optimal dengan alternatif ini. Formulasi untuk alternatif model ini adalah:

$$s_t = \text{if}(\rho_{t-1} > 1, \min(s_{max}, s_{t-1} + 1), \text{if}(\rho_{t-1} < 0.5, \max(s_{stdr}, s_{t-1} - 1), s_{t-1})) \quad (3)$$

### 3.3.2. Alternatif 2

Untuk alternatif dua, model juga dibangun hanya dengan pertimbangan faktor utilitas *server* yang disertai kategori dua, sehingga pada alternatif ini hanya terdapat dua kemungkinan jumlah *server* yang optimal. Formulasi untuk alternatif model ini adalah:

$$s_t = \text{if}(\rho_{t-1} > 1, \min(s_{max}, s_{t-1} + 1), s_0) \quad (4)$$

### 3.3.3. Alternatif 3

Berbeda dengan kedua alternatif sebelumnya, pada alternatif ini model dibangun dengan mempertimbangkan faktor jumlah pelanggan dan kategori dua, sehingga terdapat tiga kemungkinan jumlah *server* optimal dengan alternatif ini. Formulasi untuk alternatif model ini yaitu sebagai berikut:

$$s_t = \text{if}(\lambda_t + L_{q_{t-1}} > s_{t-1} \times N_{std}, \min(s_{max}, s_{t-1} + 1), \text{if}(\lambda_t + L_{q_{t-1}} < s_{t-1} \times N_{rt}, \max(s_{stdr}, s_{t-1} - 1), s_{t-1})) \quad (5)$$

### 3.3.4. Alternatif 4

Sama dengan alternatif 3, pada alternatif ini model dibangun dengan mempertimbangkan faktor jumlah pelanggan dan kategori dua, sehingga pada alternatif ini hanya terdapat dua kemungkinan jumlah *server* yang optimal. Formulasi untuk alternatif model ini yaitu sebagai berikut:

$$s_t = \text{if}(\lambda_t + L_{q_{t-1}} > s_{t-1} \times N_{std}, \min(s_{max}, s_{t-1} + 1), s_{std}) \quad (6)$$

### 3.3.5. Alternatif 5

Pada alternatif 5 ini, model yang dibangun adalah gabungan dari alternatif sebelumnya, yaitu dengan mempertimbangkan faktor utilitas *server* dan jumlah pelanggan yang disertai kategori satu, sehingga terdapat tiga kemungkinan jumlah *server* optimal dengan alternatif ini. Formulasi untuk alternatif model ini adalah:

$$s_t = \text{if}(\text{or}(\lambda_t + L_{q_{t-1}} > s_{t-1} \times N_{std}, \rho_{t-1} > 1), \min(s_{max}, s_{t-1} + 1), \text{if}(\text{or}(\lambda_t + L_{q_{t-1}} < s_{t-1} \times N_{rt}, \rho_{t-1} < 1), \max(s_{std}, s_{t-1} - 1), s_{t-1})) \quad (7)$$



3.3.6. Alternatif 6

Pada alternatif 6, model yang dibangun memiliki persamaan dengan alternatif 5, yaitu dengan faktor pertimbangan utilitas *server* dan jumlah pelanggan yang disertai kategori dua, sehingga pada model ini, hanya terdapat dua kemungkinan jumlah *server* yang optimal. Formulasi untuk alternatif model ini adalah:

$$s_t = if(and (\lambda_t + Lq_{t-1} > s_{t-1} \times N_{std}, \rho_{t-1} > 1), min(s_{max}, s_{t-1} + 1), min(s_{t-1}, s_0)) \quad (8)$$

3.4. Pemilihan model *part time server* terbaik

Untuk mengetahui alternatif model *part time server* yang terbaik maka dilakukan simulasi dengan beberapa kali iterasi yang hasilnya dibandingkan dengan sistem nyata. Hasil yang dibandingkan adalah rata-rata panjang antrian atau jumlah pelanggan yang berada pada sistem (L). Dari enam alternatif model yang telah dibangun selanjutnya dipilih alternatif model terbaik berdasarkan persentase penurunan rata-rata jumlah pelanggan di dalam sistem (L) yang paling tinggi dan faktor-faktor yang mempengaruhi. Perbandingan hasil sistem nyata dengan alternatif model dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Perbandingan rata-rata L (orang)

Model	Sistem Nyata	Alternatif Model 1	Alternatif Model 2	Alternatif Model 3	Alternatif Model 4	Alternatif Model 5	Alternatif Model 6
Rata-Rata Panjang Antrian dalam Sistem /L (orang)	6.25	6.05	6.14	5.97	6.21	5.85	6.44
Persentase Penurunan (%)		3.20%	1.76%	4.48%	0.64%	6.40%	-3.04%

Berdasarkan hasil pada Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa ketiga alternatif model dengan persentase penurunan paling tinggi adalah alternatif model 5, alternatif model 3, dan alternatif model 1. Alternatif model 5 mampu menurunkan rata-rata jumlah pelanggan di dalam sistem (L) sebesar 6,40%, alternatif model 3 sebesar 4,48%, dan alternatif model 1 sebesar 3,20%. Alternatif terbaik yang dipilih adalah alternatif model 5 karena memiliki persentase penurunan rata-rata jumlah pelanggan di dalam sistem (L) yang paling tinggi dan mempertimbangkan dua faktor, yaitu utilitas *server* dan jumlah pelanggan. Seperti yang dikatakan Taha (2007) sistem dapat beroperasi dengan baik jika dalam kondisi *steady state*, yaitu utilitas *server* kurang dari satu, sehingga utilitas *server* menjadi faktor yang penting untuk dipertimbangkan. Jumlah pelanggan ini penting karena terdiri dari beberapa faktor, seperti panjang antrian periode sebelumnya, tingkat kedatangan pada periode ini, interval waktu pengamatan, waktu standar pelayanan, dan waktu rata-rata pelayanan.

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan bahwa model matematis *part time server* yang terpilih merepresentasikan sistem antrian dengan karakteristik distribusi tingkat kedatangan dan tingkat pelayanan adalah *Poisson* dan menggunakan beberapa faktor, seperti utilitas *server* periode sebelumnya, panjang antrian periode sebelumnya, tingkat kedatangan pada periode ini, interval waktu pengamatan, waktu standar pelayanan, waktu rata-rata pelayanan, dan jumlah *server*.

Daftar Pustaka

Bahadori, M., Mohammadnejhad, S. M., Ravangard, R., and Teymourzadeh, E., 2014, Using Queuing Theory and Simulation Model to Optimize Hospital Pharmacy Performance, *Iran Red Crescent Med J*, Vol. 16 pp. 11-17.



- Dananjaya, S., 2014, *Tugas Akhir: Analisis Sistem Antrian Nasabah Bank untuk Meminimalkan Waktu Tunggu*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Evans, J.R. and Olson, D.L., 2003, *Statistic, Data Analysis, and Decision Modelling*, 2<sup>th</sup> Ed., Prentice Hall Inc, New Jersey.
- Green, L.V. and Soares, J., 2007, Computing Time-Dependent Waiting Time Probabilities in M(t)/M/s(t) Queuing Systems, *Manufacturing & Service Operations Management*, Vol. 9 pp. 54-61.
- Heizer, J. and Rander, B., 2011, *Operations Management*, 10<sup>th</sup> Ed., Pearson Education, Inc, Upper Sadle River, New Jersey.
- Intani, D. R., 2012, *Tugas Akhir : Model Sistem Antrian Berbasis Pendekatan Time-Dependent pada Kondisi dengan Berbagai Jenis Gangguan*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Law, A.M. and Kelton, D.W., 2000, *Simulation Modelling and Analysis*, 3<sup>rd</sup> Ed., McGraw-Hill, New York.
- Liani, S., 2008, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematis Antrian dengan Karakteristik Time-Dependent Pada Sistem Antrian Single Channel Multi Phase*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Liani, S., Woko, B.S., Normasari, N.M.E., and Subagyo, 2009, Pengembangan Model Antrian Time-Dependent pada Sistem Antrian Multifase, *Jurnal Mesin dan Industri*, Vol. VI pp. 25-36.
- Lu, Y., Musalem, A., Olivares, M., and Schilkrut, A., 2012, Measuring the Effect of Queues on Customer Purchases, akses online 5 Agustus 2016, URL: [http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=1851643](http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=1851643).
- Montgomery, D.C. and Runger, G.C., 2003, *Applied Statistic and Probability for Engineer*, 3<sup>th</sup> Ed., John Wiley and Sons, New York.
- Mustova, A., 2010, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematis Sistem Antrian Single Phase dengan Pendekatan Time-Dependent Periodik*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ndukwe, H. C., Omale, S., and Opanuga, O. O., 2011, Reducing Queues in a Nigerian Hospital Pharmacy, *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, Vol. 5 pp. 1020-1026.
- Obamiro, J. K., 2010, Queuing Theory and Patient Satisfaction: An Overview of Terminology and Application in Ante-Natal Care Unit, *Bulletin Petroleum-Gas University of Ploiesti*, Vol. 62 pp. 1-11.
- Palisade Corp., 2010, *Guide to Using RISKOptimizer Simulation Optimization for Microsoft Excel*, Palisade Corporation, New York U.S.A.
- Puspitasari, I., 2014, *Tugas Akhir: Analisis Sistem Antrian pada Kondisi Time Dependent dan Multi Phase*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Taha, H., 2007, *Operations Research and Introduction*, Pearson Education, Inc., New Jersey
- Widiatmoko, L.D., 2007, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematis Antrian dengan Karakteristik Time-Dependent Pada Sistem Antrian Multi Channel Single Phase*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Woko, B.S., 2008, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Berbasis Spreadsheet Sistem Antrian Multi Channel Multi Phase Kondisi Time-Dependent*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wulandari, N.E., 2007, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematis Antrian dengan Karakteristik Time-Dependent*, Jurusan Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



## Penentuan Rute Distribusi Bantuan Medis untuk Bencana Erupsi Gunung Merapi di Yogyakarta

Wahyu Anditya Prathama, Sinta Rahmawidya Sulisty

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No. 2, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 521673  
E-mail: anditya.prathama@gmail.com

### Intisari

Dalam kasus erupsi gunung Merapi, kebutuhan logistik medis merupakan kebutuhan logistik yang kritis di wilayah Yogyakarta. Selama ini pendistribusian bantuan logistik medis sendiri masih belum dilakukan secara optimal karena distribusi dilakukan secara acak. Pembuatan rute distribusi merupakan salah satu cara agar pendistribusian bantuan logistik medis dapat dilakukan secara cepat, efektif, dan efisien. Permasalahan tersebut selanjutnya dapat digolongkan sebagai Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP). Kasus ini diselesaikan dengan menggunakan metode metaheuristik, yaitu algoritma Particle Swarm Optimization (PSO) dan Simulated Annealing (SA). Algoritma tersebut dipilih karena dikenal memiliki waktu komputasi yang cepat dan cenderung memberikan hasil yang optimal. Fungsi tujuan dari permasalahan tersebut adalah total jarak tempuh yang paling pendek dari rute distribusi bantuan medis. Pada kasus CVRP logistik bencana ini terdapat 3 skenario yang diteliti, yaitu skenario pertama (pra-erupsi), skenario kedua (erupsi), dan skenario ketiga (pasca erupsi). Algoritma PSO dan SA yang dijalankan menghasilkan rute dengan total jarak tempuh optimal yang sama pada skenario pertama dengan 8 node (7 pos pengungsian dan 1 gudang), namun pada skenario kedua dengan 72 node (71 pos pengungsian dan 1 gudang) dan skenario ketiga dengan 21 node (20 pos pengungsian dan 1 gudang) algoritma SA memberikan hasil rute dengan total jarak tempuh yang paling pendek. Kedua algoritma tersebut memberikan jumlah rute yang sama untuk masing-masing skenario, 1 rute untuk skenario pertama, 5 rute untuk skenario kedua, dan 2 rute untuk skenario ketiga, dimana jumlah rute tersebut dapat digunakan sebagai jumlah minimal kendaraan yang diperlukan dalam distribusi logistik medis dalam bencana erupsi gunung Merapi di Yogyakarta.

**Kata Kunci:** Capacitated Vehicle Routing Problem, Logistik Kemanusiaan, Particle Swarm Optimization, Simulated Annealing

### 1. Pendahuluan

Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 24 Tahun 2007 tentang Penanggulangan Bencana, khususnya dalam Pasal 6 dan Pasal 8 telah mengamanatkan bahwa Pemerintah dan Pemerintah Daerah bertanggung jawab dalam penyelenggaraan penanggulangan bencana, yang antara lain adalah memberikan perlindungan pada masyarakat dari dampak bencana, dan pemulihan kondisi dari dampak bencana, termasuk di dalamnya adalah bantuan logistik pada saat status keadaan darurat (BNPB, 2009) sehingga dukungan bantuan logistik harus tepat waktu, lokasi, sasaran, kualitas, kuantitas, dan kebutuhan.

Kebutuhan yang sangat diperlukan (*critical*) oleh korban bencana erupsi Merapi adalah kebutuhan masker dan obat-obatan (Situmorang, 2014), dan dalam distribusinya diperlukan proses distribusi pemberian bantuan logistik kepada korban bencana yang cepat, tepat, terpadu, efektif, efisien, dan akuntabel, sesuai dengan ketentuan Pemerintah Republik Indonesia, melalui Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 4 Tahun 2009 Pasal 1.



Dalam mewujudkan pendistribusian bantuan logistik *critical* yang cepat, efektif, dan efisien, maka diperlukan penentuan rute distribusi. Rute distribusi ini merupakan rute pergerakan dari satu pos pengungsian ke pos pengungsian lainnya dengan ketentuan bahwa masing-masing pos hanya dilewati satu kali. Dalam riset yang ada saat ini, permasalahan tersebut dapat digolongkan sebagai *Vehicle Routing Problem* (VRP).

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Mahendra (2015) ditemukan solusi optimal dalam *Travelling Salesman Problem* (TSP) untuk penentuan rute distribusi bantuan bencana erupsi gunung Merapi di Yogyakarta, namun asumsi yang digunakan adalah tidak mempertimbangkan jenis logistik yang dikirimkan dan kapasitas kendaraan selalu dapat mencukupi kebutuhan yang ada. Pada kenyataannya, sesuai hasil penelitian Situmorang (2014) bahwa kebutuhan logistik medis yang menjadi salah satu kebutuhan *critical*, dan dalam kondisi darurat selalu terdapat keterbatasan kapasitas distribusi dari kendaraan yang tersedia, sesuai dengan penelitian Ozdamar *et al.* (2004). Selain itu, sesuai dengan prosedur yang dilakukan pada saat bencana erupsi gunung Merapi oleh Dinas Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (2010), distribusi bantuan logistik medis masih dilakukan *by request* melalui komunikasi telepon dengan sesuai alur birokrasi yang dinilai belum tepat sasaran karena belum dimanfaatkannya *data center* bencana milik Dinas Kesehatan secara optimal, yaitu pengiriman dengan mempertimbangkan data jumlah pengungsi pada pos-pos pengungsian dan pengiriman secara acak.

Rumusan masalah terkait dengan penelitian ini adalah bagaimana membangun model untuk distribusi bantuan medis dalam kasus bencana erupsi Merapi di Yogyakarta dan menentukan rute distribusi bantuan medis dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang tersedia untuk erupsi Merapi di Yogyakarta dengan mengikuti kondisi jalan pada peta yang tersedia. Kontribusi dari penelitian ini adalah objek penelitian yang memiliki perbedaan dengan penelitian terkait distribusi bantuan ketika bencana serta pengembangan metode penelitian sebelumnya, yaitu TSP, menjadi penelitian dengan menggunakan analisis VRP.

## 2. Metode Penelitian

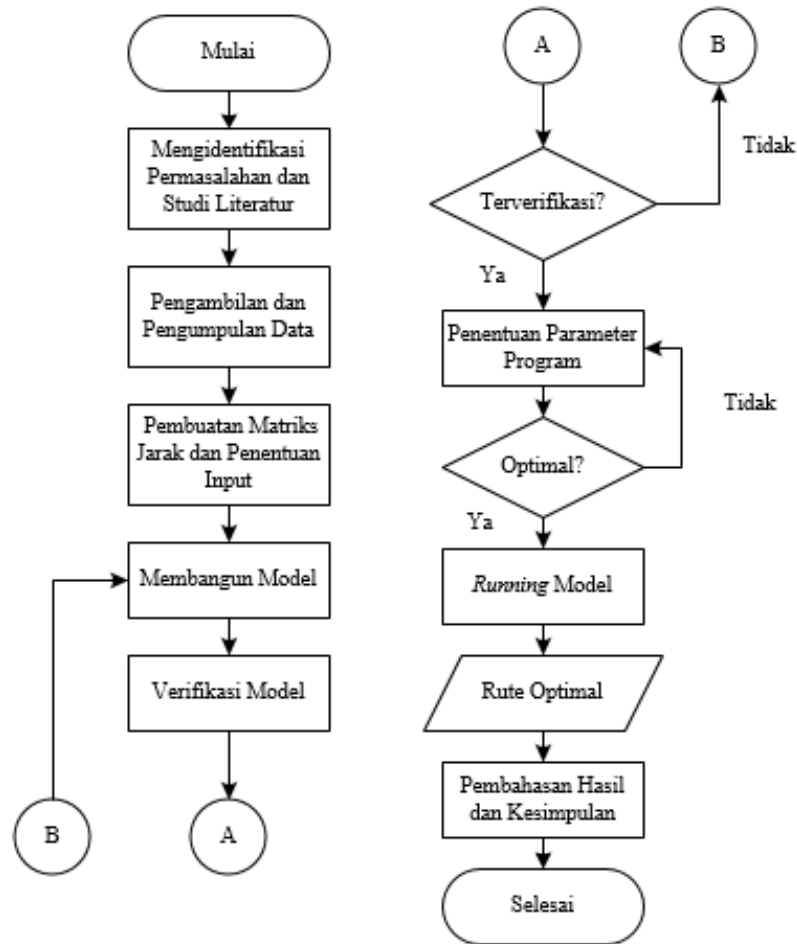
Penelitian dilakukan dengan objek distribusi bantuan medis untuk setiap pos pengungsian, dengan data yang dibutuhkan berupa jumlah dan lokasi pos pengungsian, daftar kebutuhan medis, kapasitas kendaraan, dan data jarak antar pos pengungsian dalam bentuk matriks jarak.

Analisis dari data tersebut dilakukan melalui perhitungan komputasi menggunakan metode metaheuristik dengan menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* (PSO) dan *Simulated Annealing* (SA), dan *software* yang digunakan dalam komputasi adalah Matlab R2013a. Model yang dibangun dalam penelitian ini mengacu pada permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP) dengan mempertimbangkan kapasitas kendaraan yang digunakan (*Capacitated VRP*). Pengambilan data dalam matriks jarak digunakan *plotting* dengan menggunakan Google Earth. Setelah model dibangun, dilakukan verifikasi model dengan membandingkan *output* dengan menggunakan metode eksak dalam *software* Lingo v16.0. Ketika model telah terverifikasi, dilakukan penentuan parameter model PSO dan SA yang optimal dengan menggunakan *Design of Experiment* (DOE) melalui analisis regresi dengan menggunakan *software* Minitab v15. Setelah menemukan parameter optimal, dilakukan *running* model dengan replikasi sehingga didapatkan hasil rute dengan total jarak tempuh yang paling pendek.

Rute optimal yang telah didapatkan tersebut selanjutnya dievaluasi terkait dengan jarak tempuh dan batasan-batasan pengantaran bantuan yang dimiliki oleh Dinas Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, serta tinjauan lebih lanjut terkait *improvement* dalam distribusi bantuan medis dalam bencana erupsi gunung Merapi di Yogyakarta.







Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a. Pengumpulan Data

Data jumlah pos pengungsian dalam bencana erupsi gunung Merapi merupakan data historis dari bencana erupsi gunung Merapi pada tahun 2010 yang didapatkan melalui Satuan Tugas Nasional Penanggulangan Bencana Gunung Merapi (2010) yang diberikan oleh BPBD Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, disertai data penelitian Mahendra (2015). Data lokasi pos pengungsian bencana erupsi gunung Merapi dibedakan ke dalam 3 skenario, yaitu pra-erupsi (per 26 Oktober 2010, ring 10 km ketika terjadi letusan I, sebanyak 7 pos), erupsi (per 5 November 2010, ring 15 km ketika terjadi letusan II, sebanyak 71 pos), dan pasca erupsi (per 19 November 2010, ring 20 km ketika terjadi letusan II, sebanyak 20 pos). Koordinat lokasi pos pengungsian tersebut diperoleh melalui *software* Google Earth, ditunjang dengan ekstensi yang telah disediakan oleh aplikasi Portal Peta Partisipatif Forum Pengurangan Risiko Bencana (PRB) Tanggap Merapi (<http://merapi-partisipasi.ugm.ac.id>).



Gambar 2. Tampilan Portal Peta Partisipatif Forum PRB Tanggap Merapi

Mengacu pada Dinas Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (2010), untuk skenario 1 (pra-erupsi, per 26 Oktober 2010) karena lokasi pos pengungsian pada periode tersebut seluruhnya ada di wilayah 1 kabupaten/kota (Kabupaten Sleman), maka gudang yang digunakan adalah gudang rumah sakit terdekat yang ditentukan oleh Dinas Kesehatan kabupaten/kota setempat (Dinas Kesehatan Kabupaten Sleman), yaitu Rumah Sakit Grhasia. Untuk skenario 2 (erupsi, per 5 November 2010) dan skenario 3 (pasca erupsi, per 19 November 2010), karena pos pengungsian tersebar di Kabupaten Sleman dan Kota Yogyakarta maka gudang logistik medis dipusatkan di Dinas Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.

Data jarak antar pos selanjutnya diperoleh melalui *software* Google Earth setelah melalui pemetaan koordinat yang telah diperoleh sebelumnya dari Portal Peta Partisipatif Forum PRB Tanggap Merapi. Dari data jarak antar pos pengungsian tersebut selanjutnya disimpan dalam bentuk matriks jarak sebagai input untuk *running* program Matlab. Matriks jarak dalam kasus ini berupa matriks yang tidak simetris (*asymmetric*) karena tidak semua jarak antar pos pengungsian memiliki jarak yang sama untuk jarak pulang-pergi karena kondisi pengaturan lalu lintas jalan yang ada saat ini tidak semua mengakomodasi perjalanan 2 arah.

Sebelum menentukan kebutuhan logistik medis, dilakukan pencarian data terkait jumlah pengungsi di setiap pos untuk setiap skenario. Data jumlah pengungsi per pos tersebut diperoleh melalui Satuan Tugas Nasional Penanggulangan Bencana Gunung Merapi (2010) yang diberikan oleh BPBD Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, dan data yang ada di situs resmi Kabupaten Sleman. Melalui data jumlah pengungsi tersebut, selanjutnya dapat diolah menjadi data kebutuhan logistik medis di setiap pos pengungsian erupsi gunung Merapi diperoleh melalui formulasi yang telah ditentukan Departemen Kesehatan Republik Indonesia oleh Pakaya *et al.* (2007) untuk setiap jenis obat dan peralatan medis. Penentuan jenis obat diperoleh melalui data historis dan jenis penyakit yang terjadi selama bencana erupsi gunung Merapi pada Tabel 1.

Dalam kasus *capacitated vehicle routing problem*, diperlukan data terkait kapasitas kendaraan yang digunakan. Melalui observasi langsung, diketahui bahwa kendaraan yang sering digunakan dalam pengangkutan obat-obatan di Dinas Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta adalah kendaraan jenis Mitsubishi L300 dengan dimensi boks angkut 2,5 m x 1,5 m x 1,5 m (kapasitas angkut 5625 dm<sup>3</sup>), dan pengangkutan dilakukan dengan *full truck load*.

Tabel 1. Kebutuhan Obat-obatan dan Peralatan Medis Pengungsi Erupsi Gunung Berapi  
(Pakaya *et al.*, 2007)

Jenis Obat		Kebutuhan per Kasus per Posko
ISPA	Kotrimoksazol (Tablet)	40% x 1% jumlah pengungsi
	Kotrimoksazol (Sirup)	30% x 1% jumlah pengungsi
	Amoksilin (Sirup)	40% x 1% jumlah pengungsi
	Amoksilin (Tablet)	50% jumlah pengungsi
	Amoxiclav	10% jumlah pengungsi
Common Cold, Cepalgia, Myalgia	Parasetamol (Tablet)	40% x 1% jumlah pengungsi
	Parasetamol (Sirup)	60% x 1% jumlah pengungsi
1% jumlah pengungsi = estimasi kasus tersebut terjadi pada balita		

**b. Formulasi Masalah**

Permasalahan penentuan rute optimal berupa CVRP dapat diformulasikan sesuai dengan formulasi masalah yang mengacu pada Toth dan Vigo (2002).

Terdapat sejumlah  $N+1$  lokasi yang dinotasikan sebagai  $i$  (dengan  $i = 1$  sebagai gudang) dan sejumlah  $K$  kendaraan (*vehicle*) yang ada di lokasi tersebut dengan kapasitas yang sama sebesar  $W \text{ dm}^3$ . Kemudian terdapat beberapa pos pengungsian dinyatakan dengan  $i = 2, 3, 4, \dots, N+1$  dengan masing-masing permintaan sebesar  $d_i$  (total permintaan / kebutuhan logistik medis di pos pengungsian  $i$ ). Jarak dari titik  $i$  ke titik  $j$  (pos pengungsian selanjutnya) diketahui sebesar  $c_{ij}$ , dimana  $1 \leq i \neq j \leq N+1$ . Permasalahan yang akan diselesaikan adalah bagaimana menentukan rute untuk  $K$  kendaraan tersebut dalam jarak tempuh yang minimal, setiap pos pengungsian dapat terlayani oleh tepat satu kendaraan, kebutuhan logistik medis pos pengungsian terpenuhi, dan muatan kendaraan  $K$  sepanjang rute tidak melebihi kapasitas  $W$ . Selain itu terdapat variabel keputusan  $x_{ijk}$ , dimana  $x_{ijk} = 1$  jika kendaraan  $k$  menuju pos pengungsian  $j$  setelah melayani pos pengungsian  $i$ , dan  $x_{ijk} = 0$  jika tidak.

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N c_{ij} \sum_{k=1}^K x_{ijk} \tag{1}$$

dengan batasan:

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^K x_{ijk} = 1 \quad j = 2, 3, \dots, N+1 \tag{2}$$

Persamaan (2) merupakan batasan bahwa setiap pos pengungsian hanya akan dilayani tepat satu kali.

$$\sum_{i=1}^N x_{ijk} - \sum_{j=1}^N x_{jik} = 0 \quad k = 1, 2, \dots, K \tag{3}$$

Persamaan (3) merupakan batasan bahwa kendaraan akan tiba dan meninggalkan pos pengungsian yang telah dilayani.



$$\sum_{j=2}^N x_{1jk} = 1, \quad \sum_{i=2}^N x_{i1k} = 1 \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (4)$$

Persamaan (4) merupakan batasan bahwa rute kendaraan yang ada harus berawal dan berakhir di gudang.

$$\sum_{j=2}^N d_i \sum_{i=1}^N x_{ijk} \leq W \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (5)$$

Persamaan (5) merupakan batasan bahwa total kebutuhan logistik medis untuk setiap rute kendaraan tidak melebihi kapasitas angkut kendaraan tersebut.

$$\sum_{j=2}^N x_{1jk} = 1 \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (6)$$

Persamaan (6) merupakan batasan bahwa untuk setiap kendaraan yang digunakan berangkat dari gudang.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{k=1}^N x_{ijk} \leq |S| - 1 \quad \forall S \subseteq V \setminus \{0\}, \quad |S| \geq 2, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (7)$$

Persamaan (7) merupakan batasan untuk eliminasi *subtour*, dimana untuk sub rute yang sama tidak akan dievaluasi kembali (misal telah melakukan evaluasi rute 2-3, maka rute 3-2 tidak akan dievaluasi kembali).

### c. Pembuatan Model dengan Algoritma *Particle Swarm Optimization* dan *Simulated Annealing*

Pembuatan model dari permasalahan CVRP tersebut selanjutnya dibuat dalam *software* Matlab dengan menggunakan 2 algoritma *metaheuristic*, yaitu PSO dan SA. Model yang telah dibuat selanjutnya diverifikasi dengan membandingkan hasil rute optimal dan total jarak tempuh dari komputasi model PSO dan SA di Matlab dengan hasil rute optimal dan total jarak tempuh dari komputasi dengan metode eksak menggunakan *software* Lingo v16.0 dengan menggunakan sebuah kasus sederhana (1 gudang dan 3 lokasi tujuan). Model PSO dan SA menunjukkan hasil yang sama dengan hasil metode eksak dalam Lingo sehingga model tersebut telah terverifikasi. Validasi model PSO dan SA tidak dilakukan karena penelitian ini membahas kasus optimasi rute distribusi logistik medis yang sebelumnya tidak terdapat data *existing route* sehingga diasumsikan rute yang ada belum optimal, dan untuk kasus optimasi maka rute yang dihasilkan merupakan hasil rute *global optimal* yang merupakan rute terbaik dari semua rute yang ada termasuk rute *existing* (Iswari, 2015).

Setelah dilakukan verifikasi model, dilakukan penentuan parameter dari masing-masing model yang optimal. Penentuan parameter dilakukan dengan membuat *Design of Experiment* sehingga didapatkan nilai parameter yang sesuai untuk hasil komputasi yang optimal. Sesuai dengan algoritma PSO yang digunakan, terdapat 3 parameter yang berpengaruh terhadap optimasi sistem, yaitu jumlah partikel, nilai konstanta  $c_1$ , dan nilai konstanta  $c_2$  (Iswari, 2015). Untuk algoritma SA yang digunakan, terdapat 3 parameter yang berpengaruh terhadap optimasi sistem, yaitu temperatur awal ( $T_0$ ), *cooling rate* ( $co$ ), dan batas siklus ( $s$ ) (Putra, 2015; Lin *et al.*, 2011). Dalam penyusunan DOE ini digunakan 3 level (*low, medium, high*), yang dinotasikan sebagai  $3^p$  *factorial design*, pada Tabel 2. Karena DOE memiliki 3 level dan



3 faktor, maka terdapat  $3^3 = 27$  design untuk setiap skenario yang ada, karena setiap skenario memungkinkan untuk memiliki nilai parameter optimal yang berbeda.

Melalui *input* sesuai dengan *factorial design* tersebut, dilakukan analisis regresi dengan menggunakan *software* Minitab, untuk selanjutnya dilakukan optimasi dari persamaan regresi dengan objektif total jarak tempuh terpendek. Hasil dari optimasi parameter masing-masing model untuk masing-masing skenario dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Level yang Digunakan dalam Penyusunan DOE

Algoritma	Parameter	Level		
		Low	Medium	High
PSO	Jumlah Populasi (p)	50	100	150
	c <sub>1</sub>	0	1	2
	c <sub>2</sub>	0	1	2
SA	Temperatur Awal (T <sub>0</sub> )	100	250	400
	Cooling Rate (co)	0,7	0,8	0,95
	Batas Siklus (s)	30	50	100

Tabel 3. Parameter Optimal

Algoritma	Parameter	Nilai Optimal Tiap Skenario		
		1	2	3
PSO	Jumlah Populasi (p)	113	103	150
	c <sub>1</sub>	1,22	1,27	1,37
	c <sub>2</sub>	0,24	1,03	0,86
SA	Temperatur Awal (T <sub>0</sub> )	400	100	400
	Cooling Rate (co)	0,7	0,84	0,7
	Batas Siklus (s)	82,77	30	100

**d. Hasil Rute**

Melalui hasil yang didapatkan untuk masing-masing skenario pada Tabel 4, dapat disimpulkan bahwa model yang dibuat dengan menggunakan algoritma SA menghasilkan rute dengan total jarak tempuh yang lebih pendek dibandingkan dengan rute yang dihasilkan oleh algoritma PSO untuk skenario 2 (erupsi) dan skenario 3 (pasca erupsi), serta menghasilkan rute dengan total jarak tempuh minimum yang sama untuk skenario 1 (pr-erupsi). Untuk jumlah rute yang dihasilkan untuk masing-masing algoritma tidak memiliki perbedaan, sehingga perbedaan total jarak tempuh yang muncul disebabkan karena kombinasi pos yang berbeda pada salah satu rute (untuk skenario 2 dan 3).

Tabel 4. Hasil Rute dengan Jarak Tempuh Terpendek untuk Setiap Algoritma

Skenario	Rute	Algoritma PSO	Total Jarak Tempuh	Jumlah Rute
1	1	1-7-8-5-2-4-6-3-1	51,2	1
2	1	1-6-9-13-21-22-23-31-40-42-53-59-1	462,15	5



Skenario	Rute	Algoritma PSO	Total Jarak Tempuh	Jumlah Rute
	2	1-18-19-25-29-30-35-36-38-47-48-51-54-60-65-1		
	3	1-62-17-55-49-20-34-24-41-32-69-58-68-50-28-15-8-70-1		
2	4	1-16-14-44-43-63-4-27-26-64-37-67-3-2-5-10-12-1	462,15	5
	5	1-11-52-71-72-57-66-39-61-33-46-45-56-7-1		
3	1	1-18-10-5-4-16-13-3-14-12-11-2-1	98,1	2
	2	1-20-21-19-17-6-8-7-9-15-1		
<b>Algoritma SA</b>				
1	1	1-7-8-5-2-4-6-3-1	51,2	1
2	1	1-39-55-24-21-71-72-57-56-66-7-13-23-1	307,977	5
	2	1-18-19-20-37-38-46-33-22-61-40-45-49-29-6-67-1		
	3	1-26-27-4-68-42-15-65-50-43-58-12-62-11-59-53-69-63-60-70-1		
	4	1-3-2-10-5-52-47-35-34-36-51-25-9-64-48-30-31-17-41-1		
	5	1-32-54-44-28-8-14-16-1		
3	1	1-18-10-5-4-16-13-3-14-12-11-2-1	96,85	2
	2	1-20-17-6-8-7-9-15-19-21-1		

Komputasi dengan hasil total jarak minimum memberikan rute untuk pos yang cenderung ada dalam 1 regional tertentu, walaupun pada hasil komputasi dengan hasil yang hampir sama seperti pada skenario 3 terdapat pengaruh dari komputasi algoritma terhadap *plotting* pos dalam penentuan rute. Menurut Ozdamar *et al.* (2004), hal tersebut mungkin terjadi dalam sebuah model yang melakukan distribusi secara *non-split*, yaitu pengantaran tidak dilakukan dengan berulang dalam memenuhi *demand* di satu tujuan (tepat 1 kali pengantaran untuk 1 pos), sehingga pemilihan pos cenderung berusaha memenuhi kapasitas kendaraan dengan *demand* yang ada sehingga ketika satu rute berhasil memenuhi kapasitas kendaraan maka pembuatan rute dihentikan dan *generating* rute baru yang cenderung *random* dari *node* sebelumnya.

Menurut Herrero *et al.* (2014), karena matriks jarak yang tidak simetris (*asymmetric*) maka menyebabkan dibutuhkan orientasi *local search* yang jelas dalam penentuan rute dengan mengubah hasil komputasi yang telah ada, namun memungkinkan memperburuk hasil optimal yang telah didapatkan. Untuk penelitian ini hasil rute yang diterima untuk skenario 1 adalah rute dari kedua algoritma (PSO dan SA) karena menghasilkan total jarak tempuh minimal yang sama, untuk skenario 2 dan 3 menggunakan hasil komputasi algoritma SA dengan pertimbangan total jarak tempuh dan waktu yang minimal.

Menurut De la Torre *et al.* (2012), dalam penentuan rute distribusi logistik bencana dengan menggunakan pendekatan metode VRP, hal yang perlu diperhatikan terutama pada jumlah rute distribusi yang dihasilkan, karena jumlah rute tersebut dapat digunakan sebagai bahan evaluasi dalam penentuan jumlah kendaraan yang perlu disediakan oleh instansi terkait.



Jumlah kendaraan ini selanjutnya dapat dievaluasi juga untuk mengetahui *responsiveness* dalam penanganan bencana dalam distribusi bantuan.

Berdasarkan Dinas Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta (2010), jadwal pengiriman belum dijadwalkan secara pasti, namun pada kondisi tidak mendesak pengiriman dilakukan dalam durasi 2-3 jam (120-180 menit) per hari, namun pada perkiraan waktu tempuh pada Tabel 5 belum mempertimbangkan waktu *loading/unloading* barang. Jika durasi tersebut hanya terkait waktu perjalanan, maka dapat disimpulkan bahwa semua rute sesuai dengan batasan berupa rencana pengiriman yang ada, namun untuk selanjutnya diperlukan analisis lebih lanjut untuk melihat faktor *loading/unloading* (pengelolaan bantuan) di pos pengungsian serta penjadwalan pengiriman dalam model selanjutnya.

Tabel 5. Jarak Tempuh Setiap Rute dan Perkiraan Waktu Tempuh

Skenario	Rute	PSO		SA	
		Jarak Tempuh (km)	Perkiraan Waktu Tempuh (menit)	Jarak Tempuh (km)	Perkiraan Waktu Tempuh (menit)
1	1	51,2	77	51,2	77
2	1	79,53	120	60,07	91
	2	88,27	133	80,47	121
	3	78,15	118	91,4	138
	4	118,7	179	39,3	60
	5	97,5	147	36,737	56
3	1	61,6	93	61,6	93
	2	36,5	55	35,25	53

Analisis waktu tempuh memerlukan pendekatan lebih lanjut terkait dengan kondisi pada saat bencana, dan melalui data waktu tempuh yang ada dalam Google Earth masih belum bisa dikatakan valid karena terdapat faktor kepadatan jalan dan kondisi infrastruktur jalan yang menyebabkan pengukuran waktu tempuh dengan Google Earth memberikan hasil yang berbeda.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Dalam penelitian untuk menentukan rute distribusi bantuan medis dalam bencana erupsi gunung Merapi di Yogyakarta, telah berhasil dibuat model untuk menentukan rute optimal dalam setiap skenario yang ada dengan jumlah pos pengungsian yang berbeda. Model untuk masing-masing skenario dibangun dengan menggunakan metode metaheuristik menggunakan algoritma *Particle Swarm Optimization* dan *Simulated Annealing*, dengan menggunakan parameter yang telah disesuaikan dengan setiap skenario untuk mendapatkan hasil komputasi yang optimal. Dari perbandingan hasil komputasi tersebut diketahui bahwa untuk skenario 1 (pra-erupsi) tidak ada perbedaan hasil komputasi PSO dan SA untuk rute dengan total jarak tempuh minimal sebesar 51,2 km. Untuk skenario 2 (erupsi) dan 3 (pasca erupsi) hasil total jarak tempuh minimal dihasilkan melalui komputasi algoritma SA dengan total jarak tempuh masing-masing 307,977 km untuk skenario 2 dan 96,85 km untuk skenario 3. Untuk skenario 1 terdapat 1 rute, skenario 2 dengan 5 rute, dan skenario 3 dengan 2 rute.

Pada penelitian kali ini muncul pengaruh dari matriks jarak yang *asymmetric*. Diperlukan pengembangan model algoritma dengan menggunakan pemilihan orientasi *local search* yang tepat sehingga pos yang dilalui dalam 1 rute dapat berada dalam 1 region yang sama melalui



batasan jarak tempuh dalam 1 rute. Diperlukan pertimbangan faktor lain di dalam pengembangan model terkait dengan kondisi jalan riil, kondisi infrastruktur penyimpanan/gudang yang ada di setiap pos pengungsian (terkait dengan kapasitas penyimpanan), reliabilitas jalur, penjadwalan, pengelolaan barang di lokasi pengungsian, serta validasi dengan kondisi pengiriman yang nyata dengan atau tanpa rute. Selain itu, dimungkinkan pengembangan penelitian lebih lanjut melalui pembuatan *user interface* berupa *plotting* lokasi dan rute hasil komputasi dari model yang sudah dibangun sehingga dapat membantu instansi terkait di dalam perencanaan menghadapi siklus erupsi gunung Merapi yang akan datang.

#### Daftar Pustaka

- Badan Nasional Penanggulangan Bencana, 2009, *Peraturan Kepala Badan Nasional Penanggulangan Bencana Nomor 04 Tahun 2009 Tentang Pedoman Bantuan Logistik*, BNPB, Jakarta.
- De la Torre, L. E., Dolinskaya, I. S., dan Smilowitz, K. R., 2012, Disaster relief routing: Integrating research and practice, *Socio-Economic Planning Sciences*, vol.46, pp. 88–97.
- Dinas Kesehatan Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta, 2010, *Laporan Penanggulangan Bencana Erupsi Merapi Dinas Kesehatan Provinsi D. I. Yogyakarta*, Dinas Kesehatan Provinsi DIY, Yogyakarta.
- Herrero, R., Rodríguez, A., Cáceres-Cruz, J., dan Juan, A. A., 2014, Solving vehicle routing problems with asymmetric costs and heterogeneous fleets, *International Journal of Advanced Operations Management*, vol.6, pp. 58–80
- Iswari, T., 2015, *Analisis Penentuan Rute Distribusi Komoditas Bahan Pokok di Kota Yogyakarta*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Lin, S. W., Yu, V. F., dan Chou, S., 2011, A Simulated Annealing Heuristic for the Truck and Trailer Routing Problem with Time Windows, *Journal of Expert Systems with Application*, Vol. 38, pp. 15244-15252.
- Mahendra, M. Y., 2015, *Optimasi Rute Distribusi Bantuan Logistik Korban Bencana Merapi Se-Daerah Istimewa Yogyakarta*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Ozdamar, L., Ekinçi, E., dan Kucukyazici, B., 2004, Emergency Logistic Planning in Natural Disasters, *Annals of Operations Research*, 129, pp. 217–245.
- Pakaya, R. S., et al., 2007, *Pedoman Teknis Penanggulangan Krisis Kesehatan Akibat Bencana: Panduan bagi Petugas Kesehatan yang Bekerja dalam Penanganan Krisis Kesehatan akibat Bencana di Indonesia*, Departemen Kesehatan Republik Indonesia, Jakarta.
- Putra, N. P., 2015, *Perbandingan Metode Simulated Annealing dengan Genetic Algorithm pada Vehicle Routing Problem Untuk Penentuan Rute Distribusi Bahan Pokok*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Satuan Tugas Nasional Penanggulangan Bencana Gunung Merapi, 2010, *Laporan Akhir: Tanggap Darurat Bencana Letusan Gunung Merapi 2010*, Badan Nasional Penanggulangan Bencana, Yogyakarta.
- Situmorang, F. A., 2014, *Identifikasi Daftar Kebutuhan pada Korban Bencana Alam Gunung Meletus dan Gempa Bumi*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Toth, P. dan Vigo, D., 2002, *The Vehicle Routing Problem*, Society for Industrial and Applied Mathematics, Philadelphia.





## **Analisis Sistem Antrian Untuk Meningkatkan Efisiensi Dan Efektivitas Layanan Pada Loker Pelayanan Pospay di Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center**

**Rahmat Hidayat<sup>1,2</sup>, Dewi Agustina<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup>Program Studi Administrasi Bisnis Terapan Politeknik Negeri Batam  
E-mail: <sup>1</sup>rahmat@polibatam.ac.id

### **Intisari**

*Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efisiensi dan efektivitas layanan pada loket pelayanan Pospay di Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center. Teknik pengumpulan data menggunakan wawancara, observasi dan dokumentasi. Metode analisis data adalah analisis sistem jalur berganda (multi channel single phase). Jenis data yang digunakan adalah data kuantitatif, proses analisisnya dikalkulasikan menggunakan perangkat lunak "Software WinQSB Queuing Analysis". Hasil penelitian dengan menggunakan analisis teori antrian yaitu perhitungan model antrian jalur berganda, bahwa kinerja sistem antrian yang diterapkan Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center untuk tingkat efisiensi dan efektivitas layanan pada loket pelayanan Pospay sudah dikatakan baik, dilihat dari tingkat utilisasi loket atau tingkat kesibukan operator tertinggi akan sibuk melayani pelanggan sebesar 91,1111%, sisanya 8,8889% dari waktu sibuk (1-p) yang sering disebut idle time akan digunakan operator untuk istirahat dan lain-lain, sedangkan tingkat efektivitas sistem kinerja antrian pada loket pelayanan Pospay juga sudah dikatakan baik, dilihat dari waktu tertinggi yang dibutuhkan seorang pelanggan dalam antrian hanya sebesar 0,0480 jam atau 2,88 menit, serta antrian tertinggi sebesar 7,8639 atau 8 orang pada jam 10.00-11.00 setiap harinya..*

*Kata kunci: efektivitas, efisiensi, model antrian jalur berganda*

### **1. Pendahuluan**

Perkembangan ekonomi di Kota Batam membuat kota industri ini cepat maju dan berkembang pesat. Batam merupakan kota dengan jumlah penduduknya terbesar ketiga di Pulau Sumatera setelah Kota Medan dan Palembang. Ditambah dengan adanya arus globalisasi yang semakin meningkat, menjadikan kota Batam, sebagai kota strategis. Dengan kepadatan jumlah penduduk di Kota Batam, membuat sistem antrian semakin bertambah dengan jumlah masyarakat yang ramai, untuk mendapatkan sebuah pelayanan. Fenomena mengantri merupakan kejadian alami dan peristiwa ini merupakan kondisi yang tidak nyaman bagi masyarakat. Ketika para pelanggan (konsumen) menunggu untuk mendapatkan jasa pelayanan, maka keberadaan sistem antrian sangat diperlukan, misalnya pelanggan menunggu pelayanan didepan kasir swalayan, pengurusan *passport* di imigrasi, pelayanan pengisian bahan bakar dan pembayaran berbagai tagihan di kantor pos.

Antrian sudah menjadi bagian dalam suatu proses pelayanan. Dalam segi waktu merupakan aspek yang sangat penting dan berharga, sehingga sistem dapat mereduksi penggunaan waktu yang berlebihan, sehingga tercapainya keefektifan dan keefisiensi dalam penggunaan waktu tersebut. Salah satu lembaga penyedia jasa yang setiap harinya ramai dikunjungi masyarakat Kota Batam yaitu Kantor Pos Indonesia. Pos Indonesia merupakan sebuah badan usaha milik negara (BUMN) Indonesia yang bergerak di bidang layanan pos. Saat ini, bentuk badan usaha Pos Indonesia merupakan perseroan terbatas dan sering disebut dengan PT. Pos Indonesia. Bentuk usaha Pos Indonesia ini berdasarkan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 1995.



Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center merupakan kantor pusat pos Indonesia Kota Batam. Pada umumnya, Kantor Pos sebagai tempat untuk mengirimkan surat dan paket. Namun pada kenyataannya, banyak layanan pos yang disediakan oleh Kantor Pos itu sendiri. Beberapa layanan Kantor Pos selain untuk mengirim paket, surat dan dokumen diantaranya adalah layanan pembayaran pajak, pembayaran tagihan telepon, air, listrik, pengiriman dan penerimaan uang baik dari maupun ke dalam negara maupun luar negeri atau jasa *western union*. Kantor pusat Pos Indonesia Kota Batam menyediakan 12 loket pelayanan, 9 loket untuk pelayanan Pospay, tetapi 7 loket yang digunakan untuk operasional sedangkan 2 loket digunakan apabila terjadinya kesalahan atau *complaint* dan 3 loket untuk pelayanan pengiriman surat dan paket, serta layanan wesel pos (pengiriman uang). Kantor Pos pusat unit layanan di Batam Center memiliki jam operasional yang cukup panjang sehingga sangat mempermudah para pekerja pabrik atau kantor yang mayoritasnya bekerja dari Jam 08.00 hingga jam 17.00 WIB setiap senin hingga sabtu.

Layanan Kantor Pos Batam Center dibagi menjadi 2 bagian waktu, yaitu loket pagi dan loket sore. Pelayanan Kantor Pos loket pagi buka jam 07.00-15.00 WIB (senin-jumat) sedangkan loket sore buka jam 14.00-20.00 WIB (senin-jumat), hari sabtunya hanya loket pagi 08.00-12.00 WIB. Salah satu fenomena antrian yang terjadi adalah pada saat menunggu layanan jasa di Kantor Pos Indonesia di Kota Batam. Ditengah arus globalisasi dengan perkembangan alat komunikasi yang semakin canggih dan modern, PT Pos Indonesia telah melakukan pembenahan, terkait kebutuhan bisnis demi pelayanan prima kepada masyarakat. Kemudian muncul suatu transformasi dimulai dari perkembangan kantor pos yang hanya dibutuhkan masyarakat untuk jasa pengiriman barang dan surat, kemudian adanya pelayanan Pospay atau jasa layanan keuangan, yang dibutuhkan masyarakat seperti membayar berbagai pembayaran rekening telepon, seluler, listrik (PLN), air minum (PDAM), pajak asuransi, angsuran kredit (*finance*), kartu kredit, *personal loan*, pengisian pulsa, zakat, dan infak. kendaraan dan berbagai tagihan lainnya yang dapat dilakukan di kantor pos.

Perusahaan jasa tidak terlepas dari masalah antrian, hal ini terjadi karena pelanggan yang membutuhkan pelayanan tidak sebanding dengan fasilitas pelayanan yang tersedia. Antrian yang terlalu panjang akan merugikan pelanggan maupun pengelola tempat pelayanan, karena banyak pelanggan yang akan keluar dari antrian dan meninggalkan tempat tersebut. Sesuatu yang wajar apabila kita menginginkan pelayanan yang cepat, sehingga sedapat mungkin menghindari antrian. Menurut Bustani (2005) masalah antrian berpusat pada bagaimana menemukan suatu tingkat pelayanan yang ideal yang harus disediakan oleh perusahaan.

Teori antrian ditemukan dan dikembangkan oleh A.K Erlang, seorang insinyur dari Denmark 1910. A.K Erlang melakukan eksperimen tentang fluktuasi permintaan fasilitas telepon yang berhubungan dengan *automatic dialing equipment*, yaitu peralatan penyambungan telepon secara otomatis. Dalam waktu-waktu sibuk operator sangat kewalahan untuk melayani para penelpon secepatnya, sehingga para penelpon harus antri menunggu giliran, cukup lama. Antrian timbul disebabkan oleh kebutuhan akan layanan melebihi kemampuan (kapasitas) pelayanan atau fasilitas layanan, sehingga pengguna fasilitas yang tiba tidak bisa segera mendapat layanan disebabkan kesibukan layanan. Pada banyak hal, tambahan fasilitas pelayanan dapat diberikan untuk mengurangi antrian atau untuk mencegah timbulnya antrian. Karena memberikan pelayanan tambahan, akan menimbulkan pengurangan keuntungan mungkin sampai di bawah tingkat yang dapat diterima. Sebaliknya, sering timbulnya antrian yang panjang akan mengakibatkan hilangnya pelanggan.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh Indriyani (2010) tentang pengoptimalan pelayanan nasabah menggunakan teori antrian pada Bank BNI menunjukkan bahwa Bank BNI Melawai Raya kinerja sistem antrian kurang optimal, karena mempunyai tingkat kegunaan fasilitas yang rendah dan tingkat kesibukan *teller* pun rendah. Selain itu penelitian lain yang dilakukan oleh Ginting (2013) dimana hasil dari penelitian terhadap Bank X menunjukkan bahwa telah menggunakan model sistem antrian *Multichannel – Single Phase* dengan jumlah 5 (lima) *teller*,



tapi masih didapati antrian yang cukup panjang. Untuk itu diperlukan penambahan *teller* dan perbandingan guna optimalisasi *teller* sebelumnya. Penelitian tersebut juga sejalan dengan penelitian yang dilakukan Chinwoko, et al. (2014) dimana evaluasi atau analisis dari sistem antrian menunjukkan bahwa studi kasus perusahaan perlu meningkatkan jumlah saluran hingga lima *server*.

Analisis antrian dapat dilakukan dengan melakukan penelitian dengan melihat langsung proses saat pelayanan diberikan. Penelitian dilakukan terkait sistem pelayanan yang sedang diterapkan oleh perusahaan. Hal ini bertujuan agar keputusan yang diambil dari hasil analisis yang dilakukan dapat menciptakan sistem antrian yang lebih efektif, sehingga analisis sistem antrian tersebut akan memberikan masukan yang dapat membantu menyelesaikan permasalahan dengan lebih optimal.

Dari uraian diatas maka penulis tertarik untuk melakukan penelitian tentang sistem antrian pada PT Pos Indonesia Kota Batam dengan judul penelitian “Analisis Sistem Antrian untuk Meningkatkan Efisiensi dan Efektivitas Layanan pada Loker Pelayanan Pospay di Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center”.

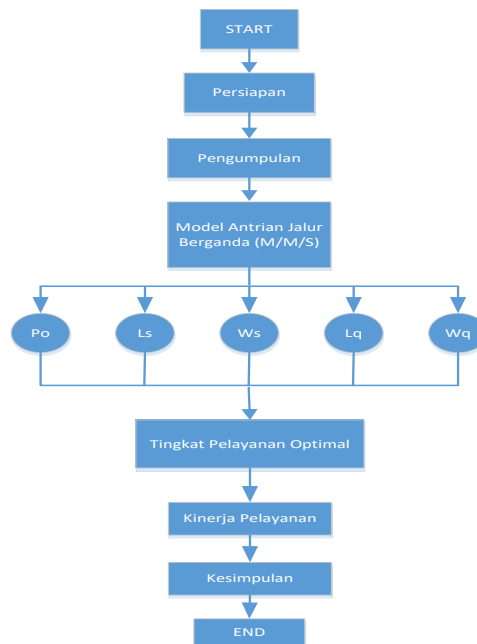
## 2. Metodologi Penelitian

### 2.1. Subjek Penelitian dan Objek Penelitian

Subjek dalam penelitian ini adalah pelanggan atau orang yang akan mengantri untuk melakukan pembayaran *pospay* di kantor Pos Indonesia kota Batam. Sedangkan objek dalam penelitian ini adalah model sistem antrian dan jumlah loket yang digunakan oleh kantor Pos Indonesia dalam melayani pelanggan yang datang.

### 2.2. Prosedur Penelitian

Tahapan awal pada penelitian ini yaitu peneliti melakukan wawancara kepada pihak Kantor Pos Indonesia yang akan diteliti terkait pola kedatangan pengunjung dan strategi penerapan sistem antrian yang selama ini diterapkan oleh pihak Pos Indonesia. Hasil wawancara kemudian ditindaklanjuti dengan melakukan observasi secara langsung pada objek penelitian untuk mendapatkan data jenis sistem antrian yang digunakan, pada waktu kedatangan dan waktu pelayanan. Adapun prosedur penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada gambar 1



Gambar 1 Prosedur Penelitian



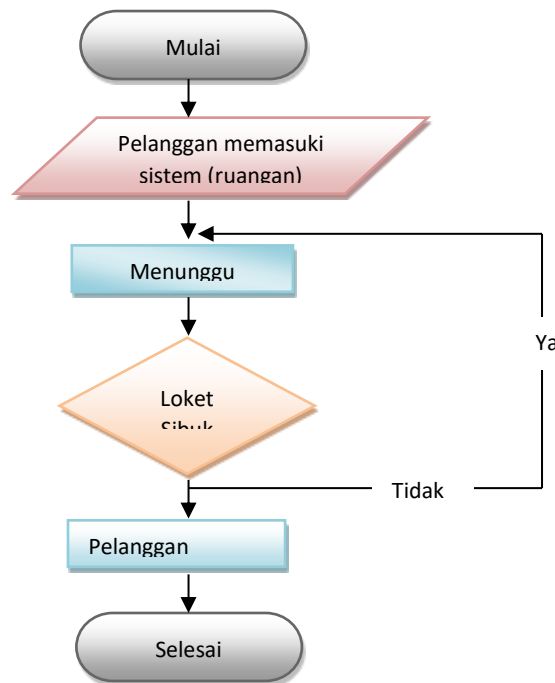
Gambar 1 di atas merupakan tahapan prosedur yang dimulai dari persiapan terhadap permasalahan yang dihadapi oleh kantor pos Indonesia wilayah Batam. Setelah itu melakukan pengumpulan data dengan melakukan observasi di saat pelanggan datang untuk antri melakukan pembayaran tagihan selama hari kerja senin sampai sabtu pada pukul 08.00-12.00 WIB. Data yang telah terkumpul dilakukan analisis menggunakan perangkat lunak *Software WinQSB Queuing Analysis* dilanjutkan dengan model jalur berganda yaitu tahap untuk mengetahui probabilitas 0 orang dalam sistem ( $P_0$ ), jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem ( $L_s$ ), waktu rata-rata yang dihabiskan dalam antrian ( $W_s$ ), jumlah rata-rata orang yang menunggu dalam antrian ( $L_q$ ), dan waktu rata-rata yang dihabiskan oleh pelanggan untuk menunggu dalam antrian ( $W_q$ ). Menurut Supranto (2013:341) teori antrian saluran ganda (*multi channel queuing theory*) ialah di mana beberapa tempat pelayanan dipasang secara paralel.

Tahapan berikutnya yaitu menganalisis tingkat pelayanan optimal untuk menentukan jumlah jalur fasilitas yang optimal dilanjutkan dengan menganalisis kinerja waktu pelayanan pada tingkat optimal. Tahapan terakhir yaitu mengambil kesimpulan dari hasil penelitian berdasarkan analisis yang dilakukan.

### 2.3. Olah Data dan Analisis Statistik

Penelitian ini meneliti mengenai sistem antrian pada kantor Pos Indonesia dengan penelitian kuantitatif, akan dianalisis bagaimana kinerja sistem antrian dan menentukan model sistem antrian yang tepat menggambarkan pelayanan diperusahaan tersebut apakah menggunakan model antrian *Single Channel Single Phase*, *Single Channel Multiple Phase*, *Multiple Channel Single Phase*, dan *Multiple Channel Multiple Phase* (Aminudin, 2005) pada kantor Pos Indonesia.

Pada pelayanan jasa Kantor Pos Indonesia Jalan Jenderal Sudirman Batam Center memiliki 7 loket pelayanan Pospay, dengan menggunakan *flowchart* sistem antrian dapat digambarkan sebagai berikut:



Gambar 2 Diagram Alur Antrian

Analisis statistik dilakukan dengan menggunakan model jalur berganda yaitu tahap untuk mengetahui probabilitas 0 orang dalam sistem ( $P_0$ ), jumlah pelanggan rata-rata dalam sistem ( $L_s$ ),

waktu rata-rata yang dihabiskan dalam antrian ( $W_s$ ), jumlah rata-rata orang yang menunggu dalam antrian ( $L_q$ ), dan waktu rata-rata yang dihabiskan oleh pelanggan untuk menunggu dalam antrian ( $W_q$ ).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan selanjutnya adalah mencari nilai  $p$ ,  $P_0$ ,  $L_s$ ,  $W_s$ ,  $L_q$ ,  $W_q$  dan  $P_w$ . Untuk mencari nilai-nilai tersebut menggunakan *Software WinQSB Queuing Analysis*, berikut hasil perhitungan data:

**Tabel 1. Hasil Perhitungan Data**

Kinerja Sistem Antrian	Periode waktu jam				
	07.00	08.00	09.00	10.00	11.00
	-	-	-	-	-
	08.00	09.00	10.00	11.00	12.00
<b>M</b>	1	6	6	6	6
<b><math>\mu</math></b>	30	30	30	30	30
<b><math>\Lambda</math></b>	19	76	140	164	156
<b>P</b>	63,3333%	42,2222%	77,7778%	91,1111%	86,6667%
<b><math>P_0</math></b>	36,6667%	7,8908%	0,7339%	0,1840%	0,3213%
<b><math>L_s</math></b>	1,7273	2,5700	6,3249	13,3306	9,5009
<b><math>W_s</math></b>	0,0909	0,0338	0,0452	0,0813	0,0609
<b><math>L_q</math></b>	1,0939	0,0366	1,6582	7,8639	4,3009
<b><math>W_q</math></b>	0,0576	0,0005	0,0118	0,0480	0,0276
<b><math>P_w</math></b>	63,3330%	5,0139%	47,3779%	76,7210%	66,1673%

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 1 dapat dilihat nilai yang dicari yaitu nilai  $p$ ,  $P_0$ ,  $L_s$ ,  $W_s$ ,  $L_q$ ,  $W_q$  dan  $P_w$ . dari nilai yang ada pada tabel tersebut terlihat hasil rata-rata dalam pengamatan selama 13 hari kerja dan 5 jam kerja. Perhitungan dari hasil tersebut dapat disimpulkan sebagai berikut :

#### 3.1 Tingkat utilisasi loket atau tingkat kesibukan loket ( $\rho$ )

Hasil perhitungan diatas dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00, menunjukkan bahwa *teller* akan sibuk melayani pelanggan selama 63,3333%, sisanya 36,6667% dari waktu sibuk ( $1-p$ ) yang sering disebut *idle time* akan digunakan *teller* untuk istirahat dan lain-lain, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay dimulai pada jam 08.00-09.00 menunjukkan bahwa *teller* akan sibuk melayani pelanggan selama 42,2222%, sisanya 57,7778% dari waktu sibuk ( $1-p$ ) yang sering disebut *idle time* akan digunakan *teller* untuk istirahat, pada jam 09.00-10.00 menunjukkan bahwa *teller* akan sibuk melayani pelanggan selama 77,7778%, sisanya 22,2222% dari waktu sibuk ( $1-p$ ) yang sering disebut *idle time* akan digunakan *teller* untuk istirahat, pada jam 10.00-11.00 menunjukkan bahwa *teller* akan sibuk melayani pelanggan selama 91,1111 %, sisanya 8,8889% dari waktu sibuk ( $1-p$ ) yang sering disebut *idle time* akan digunakan *teller* untuk istirahat, dan pada jam 11.00-12.00 menunjukkan bahwa *teller* akan sibuk melayani pelanggan selama 86,6667%, sisanya 13,3333% dari waktu sibuk ( $1-p$ ) yang sering disebut *idle time* akan digunakan *teller* untuk istirahat dan lain-lain.



### 3.2 Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem ( $P_0$ )

Hasil perhitungan diatas dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00, menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (*server*) mengganggu sebesar 36,6667%, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay dimulai pada jam 08.00-09.00 menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (*server*) mengganggu sebesar 7,8908%, pada jam 09.00-10.00 menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (*server*) mengganggu sebesar 0,7339%, pada jam 10.00-11.00 menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (*server*) mengganggu sebesar 0,1840%, dan pada jam 11.00-12.00 menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (*server*) mengganggu sebesar 0,3213%.

### 3.3 Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem ( $L_s$ )

Hasil perhitungan diatas dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00, menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem, dimana jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem sebanyak 1,7273 atau 2 orang, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay dimulai pada jam 08.00-09.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem, dimana jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem sebanyak 2,5700 atau 3 orang, pada jam 09.00-10.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem, dimana jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem sebanyak 6,3249 atau 7 orang, pada jam 10.00-11.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem, dimana jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem sebanyak 13,3306 atau 14 orang, dan pada jam 11.00-12.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem, dimana jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem sebanyak 9,5009 atau 10 orang.

### 3.4 Waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem ( $W_s$ )

Hasil perhitungan diatas dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0909 jam atau 5.454 menit sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay dimulai pada jam 08.00-09.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0338 jam atau 2.028 menit, pada jam 09.00-10.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0452 jam atau 2.712 menit, pada jam 10.00-11.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0813 jam atau 4.878 menit, dan pada jam 11.00-12.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0609 jam atau 3.654 menit.

### 3.5 Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian ( $L_q$ )

Hasil perhitungan diatas dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian sebesar 1,0939 atau 1 orang, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay dimulai pada jam 08.00-09.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian sebesar 0,0366 atau 0 orang, pada jam 09.00-10.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian sebesar 1,6582 atau 2 orang, pada jam 10.00-11.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian sebesar 7,8639 atau 8 orang, dan pada jam 11.00-12.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian sebesar 4,3009 atau 4 orang.

### 3.6 Waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu dalam antrian ( $W_q$ )

Hasil perhitungan diatas dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu dalam antrian sebesar 0,0576 jam atau 3,456 menit, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay dimulai pada jam 08.00-09.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu



dalam antrian sebesar 0,0005 jam atau 0,03 detik, pada jam 09.00-10.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu dalam antrian sebesar 0,0118 jam atau 0,708 detik, pada jam 10.00-11.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu dalam antrian sebesar 0,0480 jam atau 2,88 menit, pada jam 11.00-12.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu dalam antrian sebesar 0,0276 jam atau 1.656 menit.

### 3.7 Probabilitas pelanggan memasuki antrian ( $P_w$ )

Hasil perhitungan diatas dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa probabilitas pelanggan memasuki antrian sebesar 63,3330%, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay dimulai pada jam 08.00-09.00 menunjukkan bahwa probabilitas pelanggan memasuki antrian sebesar 5,0139%, pada jam 09.00-10.00 menunjukkan bahwa probabilitas pelanggan memasuki antrian sebesar 47,3779%, pada jam 10.00-11.00 menunjukkan bahwa probabilitas pelanggan memasuki antrian sebesar 76,7210%, pada jam 11.00-12.00 menunjukkan bahwa probabilitas pelanggan memasuki antrian sebesar 66,1673%.

Berdasarkan penjelasan di atas maka bahwa kinerja sistem antrian pada Kantor Pos Indonesia Jalan Jenderal Sudirman Batam Center, bahwa tingkat utilisasi loket atau tingkat kesibukan loket pada jam 07.00-08.00 1 fasilitas layanan menunjukkan bahwa *teller* akan sibuk melayani pelanggan selama 63,3333% waktunya sisanya 36,6667% *teller* untuk istirahat dan lain-lain, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay tingkat utilisasi loket atau tingkat kesibukan loket tertinggi pada jam 10.00-11.00 selama 91,1111 % sisanya 8,8889% dari waktu sibuk digunakan operator untuk istirahat, dan tingkat kesibukan loket terendah pada jam 08.00-09.00 selama 42,2222% sisanya 57,7778% dari waktu sibuk digunakan *teller* untuk istirahat.

Probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00, menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (*server*) sebesar 36,6667%, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay, menunjukkan bahwa probabilitas tidak ada pelanggan dalam sistem (*server*) mengganggu tertinggi pada jam 08.00-09.00 sebesar 7,8908%, dan terendah pada jam 10.00-11.00 sebesar 0,1840%.

Rata-rata jumlah pelanggan dalam sistem dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00, menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem 1,7273 atau 2 orang, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay tertinggi menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem pada jam 10.00-11.00 sebesar 13,3306 atau 14 orang, dan terendah pada jam 08.00-09.00 sebesar 2,5700 atau 3 orang.

Waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0909 jam atau 5.454 menit sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay tertinggi waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0813 jam atau 4.878 menit, dan terendah pada jam 0,0338 jam atau 2.028 menit.

Rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian sebesar 1,0939 atau 1 orang, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay tertinggi rata-rata jumlah pelanggan dalam antrian pada jam 10.00-11.00 sebesar 7,8639 atau 8 orang, dan terendah pada jam 08.00-09.00 sebesar 0,0366 atau 0 orang.

Waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu dalam antrian dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan menunggu dalam antrian sebesar 0,0576 jam atau 3,456 menit, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay tertinggi waktu rata-rata yang dihabiskan



pelanggan menunggu dalam antrian pada jam 10.00-11.00 sebesar 0,0480 jam atau 2,88 menit, dan terendah pada jam 08.00-09.00 sebesar 0,0366 atau 0 orang.

Probabilitas pelanggan memasuki antrian dengan menggunakan 1 fasilitas layanan Pospay pada jam 07.00-08.00 menunjukkan bahwa probabilitas pelanggan memasuki antrian sebesar 63,3330%, sedangkan penggunaan 6 fasilitas layanan Pospay tertinggi probabilitas pelanggan memasuki antrian pada jam 10.00-11.00 sebesar 76,7210%, dan terendah sebesar 5,0139%.

## 4 Kesimpulan dan Saran

### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan (observasi) yang dilakukan di Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center, pada jam sibuk yaitu pukul 07.00-12.00 WIB yang beroperasi selama 5 jam per hari kerja. Pada Kantor pos memiliki 7 Loker yang tersedia khusus pelayanan Pospay. Tingkat efisiensi sistem kinerja antrian pada loket pelayanan Pospay sudah dikatakan baik, dilihat dari tingkat utilisasi loket atau tingkat kesibukan operator tertinggi akan sibuk melayani pelanggan sebesar 91,1111%, sisanya 8,8889% dari waktu sibuk (1-p) yang sering disebut *idle time* akan digunakan operator untuk istirahat dan lain-lain, sedangkan tingkat efektivitas sistem kinerja antrian pada loket pelayanan Pospay juga sudah dikatakan baik, dilihat dari waktu tertinggi yang dibutuhkan seorang pelanggan dalam antrian hanya sebesar 0,0480 jam atau 2,88 menit, serta antrian tertinggi sebesar 7,8639 atau 8 orang pada jam 10.00-11.00 setiap harinya.

Berdasarkan hasil perhitungan bahwa diperoleh jalur fasilitas yang optimal di Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center SPBU adalah dilihat dari efektifitas jumlah jalur fasilitas yang optimal pada jam 07.00-08.00 dengan menggunakan 1 loket pelayanan Pospay, tingkat utilisasi sebesar 63,3333%, rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem sebesar 1,7273 atau 2 orang, dan waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem sebesar 0,0909 jam atau 5.454 menit, sedangkan 6 jalur fasilitas yang optimal pada jam 09.00-10.00 dengan tingkat utilisasi sebesar 77,7778%, jam 10.00-11.00 sebesar 91,1111%, dan jam 11.00-12.00 sebesar 86,6667%, sedangkan pada jam 08.00-09.00 dikatakan kurang optimal dengan tingkat utilisasi sebesar 42,2222%. Rata-rata jumlah pelanggan yang menunggu dalam sistem jam 08.00-09.00 sebesar 2,5700 atau 3 orang, jam 09.00-10.00 sebesar 6,3249 atau 7 orang, jam 10.00-11.00 sebesar 13,3306 atau 14 orang, dan jam 11.00-12.00 sebesar 9,5009 atau 10 orang sedangkan waktu rata-rata yang dihabiskan pelanggan dalam sistem pada jam 08.00-09.00 sebesar 0,0338 jam atau 2.028 menit, jam 09.00-10.00 sebesar 0,0452 jam atau 2.712 menit, jam 10.00-11.00 sebesar 0,0813 jam atau 4.878 menit, dan jam 11.00-12.00 sebesar 0,0609 jam atau 3.654 menit.

### 4.2 Saran

Tingkat efisiensi dan efektivitas layanan pada loket pelayanan Pospay sudah dikatakan baik yang diterapkan oleh kantor pos, untuk kedepannya agar Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center harus dapat diatasi apabila terjadi antrian yang ramai dan mengatur 7 layanan Pospay dengan lebih baik, sehingga dapat melayani pelanggan dengan cepat dan cermat dalam bertransaksi.

Bagi *teller* pelayanan Pospay sebaiknya dalam melayani pelanggan tetap menerapkan prosedur pelayanan yang telah diterapkan perusahaan terkait pelayanan prima kepada pelanggan, misalnya dalam menyapa pelanggan sebelum dilayani, tidak hanya dimulai pada pagi hari saja dalam menyapa pelanggan sebaiknya sampai diakhir jam kerja, juga harus diterapkan sehingga apa yang diharapkan pelanggan pos sesuai dengan ekspektasinya terkait pelayanan yang diterapkan.

Pada pelayanan Pospay jam 08.00-09.00 dengan tingkat utilisasi sebesar 42,2222% sebaiknya hanya 3 jalur fasilitas yang digunakan karena, tidak dapat berfungsi secara optimal sebesar





57,7778% dari waktu sibuk (1-p) yang sering disebut *idle time* akan digunakan *teller* untuk istirahat dan lain-lain. Maka dari itu pihak Kantor Pos Indonesia Jalan Jendral Sudirman Batam Center, dapat mengurangi jumlah fasilitas yang tersedia dari 6 jalur fasilitas pelayanan menjadi 3 jalur fasilitas pelayanan pada jam tersebut, sehingga mengurangi biaya operasional perusahaan.

### Daftar Pustaka

- Aminudin, S.Si., (2005), *Prinsip-Prinsip Riset operasi*, Penerbit Erlangga, Jakarta.
- Bustani, H., (2005), *Fundamental Operation Research*, Penerbit PT Gramedia Pustaka utama, Jakarta.
- Chinwuko, E.C, Daniel, C.E, Ugochukwu, P.O, Obiora O., (2014), Analysis of a queuing system in an organization (a case study of First Bank PLC, Nigeria), *American Journal of Engineering Research*, 3 (3), 1-11.
- Ginting, P.L., (2013), Analisis Sistem Antrian dan Optimalisasi Layanan Teller, *Skripsi*, 1-51.
- Indriyani, D.D., (2010), Pengoptimalan Pelayanan Nasabah dengan Menggunakan Penerapan Teori Antrian pada PT. BNI (Persero) TBK Kantor Cabang Utama (KCU) Melawai Raya, *Skripsi*, 1-67.
- Supranto, M.P., (2013), *Riset Operasi untuk Pengambilan Keputusan*, Penerbit PT Raja Grafindo Persada, Jakarta



## Penjadwalan *Flow Shop N Job M Machine* dengan Metode Heuristik Algoritma *Pour* dan *Tabu Search*

**Dwi Agustina Kurniawati, Wahyu Eddy Fatoni**  
Jurusan Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi,  
Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga  
Jl. Marsda Adisucipto, Yogyakarta, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281  
Telp. +62-274-512474  
E-mail: dwi.kurniawati@uin-suka.ac.id ; wahyunikova@gmail.com

### Intisari

*Penjadwalan didefinisikan sebagai pengalokasian sumber daya yang terbatas untuk mengerjakan sejumlah tugas. Penelitian ini membahas mengenai penjadwalan flow shop n job m machine dengan pendekatan metode heuristik algoritma Pour dan Tabu Search. Tujuan penelitian ini adalah membandingkan dan mengetahui performansi antara kedua metode heuristik tersebut untuk meminimalkan makespan. Dalam penelitian ini data yang digunakan adalah data waktu proses berupa data random yang dibangkitkan dengan software Matlab 7.1. Kombinasi jumlah job dan machine yaitu skala kecil dengan kombinasi 8 jobs 3 machines (small size), skala sedang dengan kombinasi 13 jobs 3 machines (medium size), dan skala besar kombinasi 44 jobs 34 machines (large size). Parameter performansi yang digunakan yaitu makespan rata-rata, Efficiency Index (EI), Relative Error (RE), dan Run Time rata-rata. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa metode terbaik untuk penjadwalan flow shop n job m machine dalam meminimalkan makespan adalah metode heuristik algoritma tabu search karena memiliki nilai makespan rata-rata terkecil yaitu 545.45 time unit dengan kombinasi 8 jobs 3 machines, 822.79 time unit dengan kombinasi 13 jobs 3 machines, dan 5135.44 time unit dengan kombinasi 44 jobs 34 machines. Hasil run time rata-rata diperoleh bahwa metode heuristik algoritma tabu search memiliki run time paling lama yaitu 4.851 detik dengan kombinasi 8 jobs 3 machines, 10.506 detik dengan kombinasi 13 jobs 3 machines, dan 111.889 detik dengan kombinasi 44 jobs 34 machines. Meskipun metode heuristik algoritma tabu search memiliki nilai run time paling lama, namun nilai run time tersebut masih dapat ditoleransi.*

*Kata Kunci: penjadwalan, flowshop, makespan, algoritma.*

### 1 Pendahuluan

Proses produksi merupakan serangkaian kegiatan untuk menghasilkan atau menambah nilai guna suatu produk agar lebih bermanfaat bagi kebutuhan manusia. Urutan pengerjaan produk pada proses produksi memiliki pengaruh terhadap penyelesaian produk yang ada, salah satunya adalah total waktu penyelesaian. Oleh karena itu, diperlukan pengurutan pengerjaan produk yang disebut dengan penjadwalan produksi. Penjadwalan merupakan salah satu kegiatan penting dalam proses produksi. Penjadwalan menurut Baker et al. (1974) didefinisikan sebagai berikut “*Scheduling is the allocation of resources overtime to perform collection of tasks.*”. Penjadwalan produksi *flowshop* merupakan salah satu kegiatan perencanaan produksi. Menurut Baker (1974), penjadwalan *flowshop* merupakan salah satu jenis penjadwalan produksi dimana setiap *n job* akan melalui setiap *m machine* dengan urutan yang sama. Penjadwalan *flowshop* merupakan suatu pergerakan unit yang terus-menerus melalui serangkaian stasiun kerja yang disusun berdasarkan produk.

Performansi penjadwalan tergantung pada kriteria yang digunakan. Penentuan penjadwalan untuk memenuhi seluruh kriteria yang ada sulit untuk diterapkan. Oleh karena itu, diambil kriteria



yang dapat mewakili seluruh kriteria yang ada yaitu meminimalkan *makespan*, yaitu waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan semua *job* dalam sistem produksi. Masalah penjadwalan produksi dapat diselesaikan dengan beberapa metode penjadwalan, yaitu metode berdasarkan *priority dispatch rule*, suatu aturan penjadwalan yang mengatur *job* mana pada suatu antrian *job* pada suatu mesin yang harus diproses terlebih dahulu berdasarkan prioritas-prioritas tertentu (Adam dan Ronald, 1992). Johnson (1954) merupakan pionir dalam penelitian mengenai penjadwalan *flow shop*. Dalam penelitian Johnson hanya berfokus pada  $n$  *job* 2 *machine*, kemudian diikuti oleh peneliti lain yang mengembangkan metode penjadwalan yang lebih luas yaitu pada skala  $n$  *job*  $m$  *machine*. Sehingga, muncul metode-metode heuristik yang telah dikembangkan seperti algoritma Palmer (1965), algoritma CDS oleh Campbell, Dudek, dan Smith (1970), algoritma NEH oleh Nawaz, Ensore, dan Ham (1983), algoritma *Tabu Search* (1986), algoritma *Simulated Annealing* (1988), algoritma *Harmony Search* (2001), dan algoritma *Pour* (2001).

Banyak penelitian mengenai studi komputasi untuk menentukan performansi masing-masing metode penjadwalan serta untuk membandingkan performansi dari beberapa metode penjadwalan tersebut. Dari penelitian studi komputasi yang telah dilakukan kemudian didapatkan metode penjadwalan terbaik sesuai dengan parameter performansi yang telah ditentukan diawal penelitian. Taillard (1990), melakukan penelitian mengenai studi komputasi antara beberapa algoritma heuristik klasik seperti algoritma gupta, algoritma johnson, algoritma palmer, algoritma CDS, algoritma *Rapid Access Procedure* (RA), dan algoritma NEH dengan membandingkan algoritma *tabu search* yang digunakan untuk meminimalkan *makespan* pada permasalahan penjadwalan *flow shop*. Dari penelitian tersebut Taillard menyatakan bahwa algoritma *tabu search* merupakan algoritma heuristik terbaik dibandingkan algoritma heuristik klasik. Salah satu algoritma heuristik yang telah dikembangkan yaitu algoritma *Pour*. Pour (2001) mengembangkan metode heuristik baru yang diberi nama algoritma *pour* untuk meminimalkan *makespan* pada permasalahan penjadwalan *flow shop*  $n$  *job*  $m$  *machine*. Dalam penelitian tersebut, membandingkan performansi algoritma *pour* dengan algoritma CDS, algoritma NEH, dan algoritma Palmer. Algoritma *pour* menunjukkan performansi terbaik dibandingkan dengan algoritma lain. Soetanto et al. (2004) juga menyebutkan bahwa algoritma *pour* memberikan performansi yang cukup baik dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flow shop* dibandingkan dengan metode *Mixed Integer Programming* (MIP).

Berdasarkan gambaran diatas maka dalam penelitian ini akan dilakukan penelitian mengenai studi komputasi. Studi komputasi dilakukan untuk membandingkan dan mengetahui performansi penjadwalan terbaik dari metode heuristik algoritma *pour* dan *tabu search* dalam menentukan penjadwalan *flow shop*  $n$  *job*  $m$  *machine* untuk meminimalkan *makespan*. Penelitian studi komputasi ini dilakukan dengan menggunakan data *random* yang dibangkitkan oleh komputer sebagai data penelitian.

## 2 Metodologi

Pada bagian ini berisi tentang metodologi penelitian yang dilakukan dalam membandingkan algoritma *pour* dan algoritma *tabu search* untuk penyelesaian penjadwalan *flow shop* dengan tujuan meminimalkan *makespan*. Pada bagian ini menentukan batasan masalah dan asumsi, jumlah *job* dan *machine*, interval data waktu proses, *number of run* dalam penelitian, parameter yang digunakan pada algoritma *tabu search*, serta diagram alir penelitian.

### 2.1. Batasan Masalah dan Asumsi

Dalam penelitian ini terdapat beberapa batasan masalah yang dimaksudkan agar penelitian tidak melebar. Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Pada penelitian ini dibatasi untuk permasalahan skala kecil dengan kombinasi 8 *jobs* 3 *machines* (*small size*), skala sedang dengan kombinasi 13 *jobs* 3 *machines* (*medium size*), dan skala besar dengan kombinasi 44 *jobs* 34 *machines* (*large size*).



2. Data penelitian berupa waktu proses tiap *job* pada *machine* dibangkitkan oleh komputer secara *random* dengan menggunakan *software* Matlab versi 7.1.
3. Studi komputasi dalam penelitian ini dilakukan dengan membuat program (*coding*) penjadwalan dengan menggunakan *software* Matlab versi 7.1.  
 Sedangkan asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :
  1. Waktu *set-up* mesin untuk setiap operasi dan mesin dimasukkan dalam waktu proses.
  2. Waktu transportasi diabaikan.
  3. Satu mesin hanya dapat memproses satu pekerjaan
  4. Semua mesin tersedia dalam kondisi baik atau dapat beroperasi dengan normal, mengabaikan terjadinya *breakdown* dan *rework*.
  5. Fungsi tujuan yang ingin diperoleh yaitu meminimalkan *makespan*.

## 2.2. Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini menggunakan kombinasi jumlah *job* dan *machine* dengan permasalahan tiga skala, yaitu skala kecil dengan 8 *jobs* 3 *machines*, skala sedang dengan 13 *jobs* 3 *machines*, dan skala besar dengan 44 *jobs* 34 *machines*. Hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Pour (2001) sesuai tabel kombinasi *job* dan *machine*.

Tabel 2.1. Kombinasi *Job* dan *Machine* dengan Proses *Random*

<i>Small size</i>		<i>Medium size</i>		<i>Large size</i>	
<i>Jobs n</i>	<i>Machines m</i>	<i>Jobs n</i>	<i>Machines m</i>	<i>Jobs n</i>	<i>Machines m</i>
2	2	10	10	40	60
2	15	10	50	44	34*
3	10	13	3*	49	57
3	18	20	30	50	50
4	2	30	10	53	64
5	5	30	30	65	65
5	16				
8	3*				

Sumber : Pour (2001)

Data waktu proses yang akan digunakan dalam penelitian ini dibangkitkan secara *random* dengan distribusi *rectangular*. Data waktu proses memiliki interval antara 01 sampai 99 atau  $U(1,99)$ . Pemilihan interval  $U(1,99)$  didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Pour (2001) yang menggunakan interval tersebut. Data *random* dibangkitkan dengan *software* Matlab versi 7.1. Kemudian data *random* diproses menggunakan metode algoritma *pour* dan *tabu search*. Jumlah *run* dalam penelitian ini sebanyak 100 *run* untuk tiap skala. Hal ini didasarkan pada penelitian oleh Pour (2001) sesuai dengan jumlah *run* untuk setiap permasalahan.

## 2.3. Parameter Algoritma Heuristik *Tabu Search*

Representasi solusi yang digunakan algoritma *tabu search* untuk menyelesaikan penjadwalan *flow shop n job m machine* adalah solusi feasible yang ditulis sebagai suatu urutan pekerjaan, dimana tiap pekerjaan hanya terlihat sekali dalam urutan. Pekerjaan tersebut merepresentasikan waktu proses. Sedangkan, solusi awal (*initial seed* atau *initial solution*) penjadwalan dengan mengurutkan item dari nomor urut terkecil hingga terbesar atau *First Come First Serve* (FCFS). Hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Hasanudin (2011). Parameter lain yang digunakan yaitu :

1. Solusi *Neighborhood*  
 Mekanisme untuk membangkitkan *neighborhood* atau perpindahan *job* (*move*) yang digunakan pada algoritma *tabu search* adalah menggunakan metode *Adjacent Pairwise Interchange* (API). Hal ini didasarkan pada buku Baker et al. (2009).
2. Metode untuk Menyeleksi *Neighborhood*



Metode untuk menentukan atau menyeleksi *neighborhood* yang akan dijadikan *the new seed* adalah menggunakan *the best improvement*, yaitu memilih *neighborhood* yang memiliki performansi terbaik. Hal ini didasarkan pada buku Baker et al. (2009).

3. *Tabu List*

Ukuran *tabu list* yang dipakai dalam penelitian ini dipilih nilai yang terbanyak diantara jumlah kombinasi *n job* dan *m machine* yang ada. Sehingga dapat dituliskan sebagai berikut :

$$MaxL = \max\{n, m\}$$

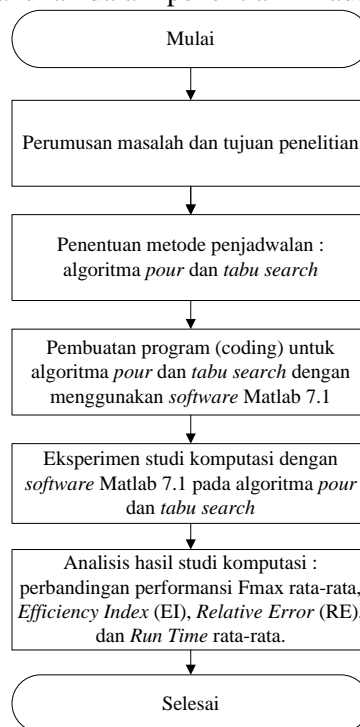
Hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Ramezani et al. (2011) yang menggunakan *ukuran tabu list* tersebut.

4. Kriteria Pemberhentian

Kriteria pemberhentian (*stopping criteria* atau *termination criteria*) yang dipakai dalam penelitian ini yaitu setelah semua iterasi yang telah ditentukan terpenuhi. Hal ini didasarkan pada penelitian yang dilakukan oleh Ramezani et al. (2011) yang menggunakan kriteria pemberhentian tersebut. Oleh karena itu, penelitian ini menggunakan jumlah maksimal iterasi sebanyak 1000 iterasi.

## 2.4. Kerangka Penelitian

Langkah-langkah yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :



Gambar 2.1. Diagram Alir Penelitian

## 3 Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Data Random Number Generator

Studi komputasi dalam penelitian ini yaitu membandingkan dan mengetahui performansi penjadwalan terbaik terhadap metode heuristik algoritma *pour* dan *tabu search* dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan *flow shop* untuk minimasi *makespan*. Studi komputasi dilakukan menggunakan komputer dengan spesifikasi Intel Core i3 M330 2.1 Ghz, 3GB DDR3.



### 3.2. Langkah Metode Algoritma Heuristik *Pour*

Pour (2001) dalam Ginting (2009) mengembangkan algoritma heuristik baru dalam penyelesaian permasalahan penjadwalan *flow shop* dengan tujuan meminimalkan *makespan* (*maximum flow time*) yaitu berdasarkan pendekatan kombinasi. Hal ini dilakukan dengan cara mengganti setiap *job* dengan *job* yang lainnya dalam urutan hingga ditemukan kombinasi urutan yang memenuhi kriteria. Dalam metode ini diasumsikan bahwa semua *job* diproses secara terpisah dan *independent* untuk setiap mesinnya. Berikut ini adalah notasi yang digunakan yaitu :

$P_{ij}$  = waktu proses dari *job* *i* pada mesin *j*.

$C_{ij}$  = rentang waktu antara saat *job* *i* pada mesin *j* dimulai ( $t=0$ ) sampai *job* itu selesai.

$C_i$  = *sum of completion time* untuk *job* *i* pada semua mesin.

$F_{max}$  = rentang waktu antara saat pekerjaan mesin tersedia atau dapat dimulai sampai pekerjaan itu selesai (*makespan*).

Berikut ini langkah-langkah pengerjaan algoritma *pour* secara detail dapat diuraikan sebagai berikut :

1. Input data *random*
2. Memilih salah satu *job* secara acak sebagai urutan pertama sementara dalam urutan pengerjaan.
3. Menempatkan *job-job* lain (selain *job* yang sudah dipilih sebagai urutan pertama) pada urutan berikutnya.
4. Memilih waktu proses terkecil untuk masing-masing mesin.
5. Melakukan penambahan waktu proses secara *increasing time* pada  $P_{ij}$  yang lain, selain  $P_{ij}$  paling minimal yang terpilih sebelumnya.
6. Menghitung *sum of completion time* ( $\sum C_i$ ) untuk setiap *job* yang ada.
7. Mengurutkan  $\sum C_i$  dengan aturan *increasing order* untuk diletakkan pada urutan setelah *job* yang sudah dipilih untuk urutan pertama sementara.
8. Menghitung nilai  $F_{max}$  setelah didapatkan urutan sementara.
9. Mengulang kembali langkah 1-7 untuk setiap *job* yang ada sampai didapatkan  $F_{max}$  paling minimal, yang akan ditempatkan sebagai urutan pertama dari urutan *job*.
10. Mengulang kembali langkah 1-8 sampai semua *job* berada pada urutan pengerjaan.
11. Menghitung *makespan* dari urutan pengerjaan yang telah diperoleh.

### 3.3. Langkah Metode Algoritma Heuristik *Tabu Search*

*Tabu search* merupakan *single-solution based* heuristik yang diperkenalkan oleh Freed Glover pada tahun 1970-an (Glover, 1986). *Tabu Search* merupakan adalah suatu metode optimasi matematis yang termasuk ke dalam kelas *local search* (Suyanto, 2010). Algoritma *tabu search* menggunakan struktur memori yang disebut *tabu list*. *Tabu list* digunakan untuk menyimpan perpindahan (*move*) yang telah digunakan pada iterasi-iterasi sebelumnya. Sehingga, *tabu list* berisi langkah-langkah yang mengembalikan solusi baru ke solusi yang lama (Glover, 1993). Suyanto (2010) memaparkan bahwa *tabu list* menggunakan prinsip *First In First Out* (FIFO) dengan panjang *tabu list* tertentu yang dibatasi oleh pengguna. Dengan menggunakan *tabu list*, *tabu search* dapat menerima solusi yang tidak memberikan peningkatan kualitas. Sehingga, *tabu search* dapat keluar dari solusi lokal optimum. Namun, terdapat suatu pengecualian yang penting pada *tabu list*. Apabila terdapat perpindahan yang sudah berada dalam *tabu list* namun memberikan solusi yang lebih baik dibandingkan semua solusi terbaik yang pernah dibangkitkan, maka perpindahan tersebut bisa diterima dan perpindahan tersebut harus dikeluarkan dari dalam *tabu list*.

Berikut ini langkah-langkah pengerjaan algoritma *tabu search* secara detail dapat diuraikan sebagai berikut :

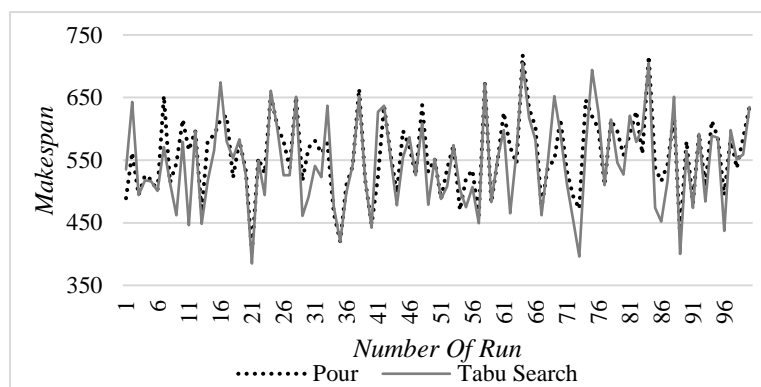
1. Menentukan *representative solution*.
2. Input data *random*
3. Menentukan *initial seed* atau *initial solution* sebagai solusi awal ( $S_1$ )



4. Menentukan jumlah maksimum iterasi dan panjang *tabu list*.
5. Menghitung nilai *objective function* yaitu  $F_{\max}$  dari *initial seed* atau solusi awal tersebut.
6. Menetapkan solusi awal menjadi solusi global ( $S_1=S_{\text{best}}=S_{\text{BEST}}$ )
7. Memasukkan solusi awal tersebut ke dalam *tabu list*.
8. Membangkitkan *neighborhood* dari *seed* atau melakukan pergerakan-pergerakan solusi lokal ( $S_k$ ) serta menghitung nilai *objective function* yaitu  $F_{\max}$  dari *seed* yang telah dibangkitkan *neighborhood*-nya hingga semua kombinasi terevaluasi.
9. Mengevaluasi setiap solusi lokal ( $S_k$ ) dalam daftar *tabu list*. Apabila solusi lokal tersebut masih dalam *tabu list*. Maka, solusi tersebut tidak boleh menjadi salah satu solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ ). Apabila solusi lokal ( $S_k$ ) tersebut tidak ada dalam *tabu list*. Maka, solusi tersebut dapat menjadi salah satu solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ ).
10. Mengevaluasi serta menyeleksi solusi lokal ( $S_k$ ) dari *neighborhood* yang telah dibangkitkan untuk dijadikan solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ ).
11. Menjadikan *neighborhood* atau solusi lokal ( $S_k$ ) yang terpilih tersebut menjadi solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ )
12. Membandingkan solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ ) dengan solusi global ( $S_{\text{BEST}}$ ). Apabila tidak ada *neighborhood* atau solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ ) yang lebih baik dari solusi global ( $S_{\text{BEST}}$ ). Maka, perhitungan dilanjutkan dan solusi lokal terbaik tersebut dimasukkan ke dalam *tabu list*. Jika ada *neighborhood* atau solusi lokal yang lebih baik performansi dari solusi global ( $S_{\text{BEST}}$ ). Maka, perhitungan tetap dilanjutkan dengan menetapkan solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ ) tersebut menjadi solusi global ( $S_{\text{BEST}}$ ) untuk memperbaiki performansi. Solusi lokal terbaik tersebut tetap dimasukkan ke dalam *tabu list*.
13. Membuat solusi yang paling bawah dari *tabu list* menjadi *non tabu*.
14. Menjadikan *neighborhood* atau solusi lokal terbaik ( $S_{\text{best}}$ ) yang terpilih tersebut menjadi *the best next seed*.
15. Mengulang kembali langkah 8 hingga *stopping criteria* atau *termination criteria* terpenuhi.

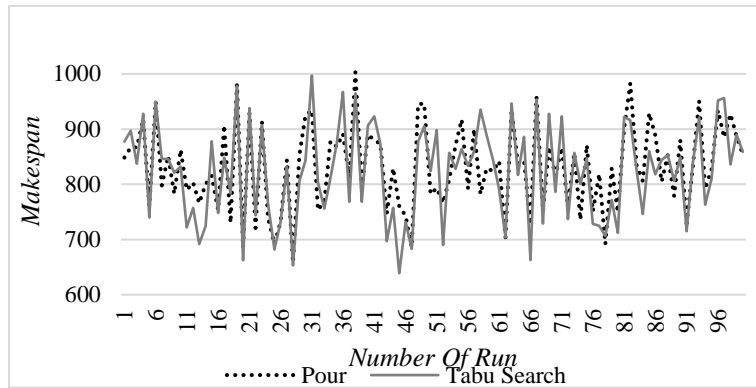
### 3.4. Hasil Penelitian

Perbandingan hasil *makespan* dari kombinasi 8 jobs 3 machines, 13 jobs 3 machines, dan 44 jobs 34 machines sebanyak 100 run untuk masing-masing kombinasi dengan menggunakan metode heuristik algoritma *pour* dan *tabu search* dapat dilihat pada gambar berikut.

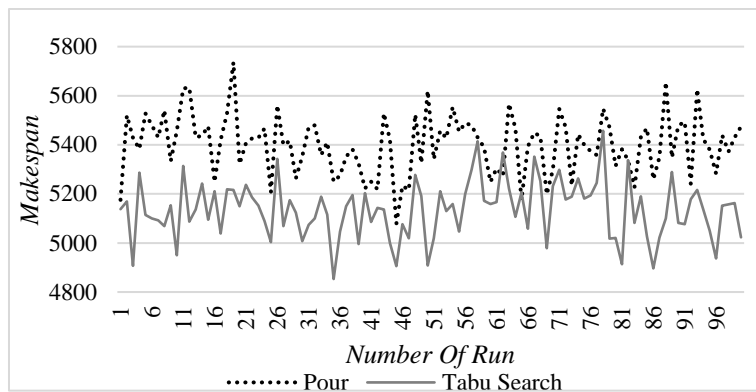


Gambar 3.1. Grafik Perbandingan Hasil *Makespan* 8 Jobs 3 Machines





Gambar 3.2. Grafik Perbandingan Hasil Makespan 13 Jobs 3 Machines



Gambar 3.3. Grafik Perbandingan Hasil Makespan 44 Jobs 34 Machines

Berikut ini hasil perbandingan *makespan* rata-rata dari kombinasi 8 jobs 3 machines, 13 jobs 3 machines, dan 44 jobs 34 machines dengan menggunakan metode heuristik algoritma *pour* dan *tabu search* ditampilkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Perbandingan Hasil Makespan Rata-Rata

Kombinasi	Makespan Rata-Rata (time unit)	
	Algoritma Pour	Algoritma Tabu Search
8 Job 3 Machine	557.7	5400.82
13 Job 3 Machine	568.04	5249.31
44 Job 34 Machine	545.45	5135.44

*Efficiency Index* (EI) adalah perbandingan antara algoritma heuristik baru dengan algoritma yang dibandingkan. EI dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut (Pour, 2001).

$$EI = \frac{F_{max\ proposed\ algorithm}}{F_{max\ other\ algorithm}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Jika  $EI < 1$ , maka algoritma heuristik baru memiliki *performance* yang lebih baik dibanding dengan algoritma yang dibandingkan. Apabila,  $EI > 1$  maka algoritma yang dibandingkan memiliki *performance* yang lebih baik dibanding dengan algoritma heuristik baru. Jika  $EI = 1$ , maka kedua metode memiliki *performance* yang sama. Perhitungan nilai *Efficiency Index* (EI) diperlukan untuk mengetahui performansi yang terbaik dari kedua metode heuristik yang digunakan. oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai EI antara algoritma *pour* dengan algoritma *tabu search* untuk masing-masing kombinasi. Berikut hasil perhitungan EI dari ketiga kombinasi penjadwalan.

Tabel 3.2. Perbandingan Hasil Pehitungan *Efficiency Index*

Kombinasi	Nilai <i>Efficiency Index</i>
8 Job 3 Machine	1.0225
13 Job 3 Machine	1.0099
44 Job 34 Machine	1.0516





*Relative Error* (RE) digunakan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan *makespan* kedua algoritma, RE dirumuskan sebagai berikut (Pour, 2001).

$$RE = \frac{F_{max\ other\ algorithm} - F_{max\ proposed\ algorithm}}{F_{max\ proposed\ algorithm}} \times 100 \dots \dots \dots (2.2)$$

Perhitungan nilai RE diperlukan untuk mengetahui seberapa jauh perbedaan hasil akhir yang dihasilkan dari kedua metode heuristik yang digunakan, oleh karena itu dilakukan perhitungan nilai RE antara algoritma pour dengan algoritma *tabu search* untuk masing-masing kombinasi. Berikut hasil perhitungan RE dari ketiga kombinasi penjadwalan.

Tabel 3.3. Perbandingan Hasil Pehitungan *Relative Error*

Kombinasi	Nilai <i>Relative Error</i>
8 Job 3 Machine	2.2459 %
13 Job 3 Machine	0.9902 %
44 Job 34 Machine	5.1676 %

*Run Time* diperlukan untuk mengetahui efisiensi sebuah program ketika dijalankan. Tabel 3.4. menampilkan perbandingan *run time* rata-rata dari metode heuristik algoritma pour dan *tabu search* dari ketiga kombinasi permasalahan. Berikut hasil *run time* rata-rata dari ketiga kombinasi penjadwalan.

Tabel 3.4. Perbandingan *Run Time* Rata-Rata

Kombinasi	<i>Run Time</i> (Detik)	
	Algoritma Pour	Algoritma <i>Tabu Search</i>
8 Job 3 Machine	0.144	4.851
13 Job 3 Machine	0.231	10.506
44 Job 34 Machine	3.503	111.889

### 3.5. Pembahasan

Pada penelitian ini algoritma *pour* dan *tabu search* difokuskan pada penyelesaian penjadwalan *flowshop* *n job m machine* untuk meminimalkan *makespan*. Dari hasil perhitungan parameter performansi, maka didapatkan hasil bahwa metode heuristik algoritma *tabu search* merupakan metode terbaik dalam penjadwalan *flow shop n job m machine* untuk meminimalkan *makespan*, dibandingkan dengan metode heuristik algoritma *pour* dalam penyelesaian permasalahan penjadwalan dengan kombinasi 8 jobs 3 machines (*small scale*), kombinasi 13 jobs 3 machines (*medium scale*), dan kombinasi 44 jobs 34 machines (*large scale*).

Dalam dunia industri, metode heuristik algoritma *pour* dapat diterapkan dengan baik dalam penjadwalan *flowshop* untuk skala kecil dan skala sedang. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan nilai RE perbandingan antara algoritma *pour* dengan *tabu search* dengan nilai RE yang masih dibawah 5%. Sehingga, perbedaan hasil antara algoritma tersebut tidak signifikan. Namun, untuk skala besar kemampuan algoritma *pour* masih dibawah algoritma *tabu search* dalam meminimalkan *makespan*. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan nilai RE perbandingan antara algoritma *pour* dengan algoritma *tabu search* diatas 5%. Sehingga, perbedaan hasil antara algoritma *pour* dengan algoritma *tabu search* cukup signifikan. Sedangkan, metode heuristik algoritma *tabu search* juga dapat diterapkan dengan baik dalam penjadwalan *flowshop* untuk skala kecil, skala sedang, maupun skala besar. Hal ini dibuktikan dengan hasil perhitungan nilai RE perbandingan antara algoritma *pour* dengan algoritma *tabu search* dengan nilai RE yang masih dibawah 5%. Sehingga, perbedaan hasil antara algoritma tersebut tidak signifikan. Namun, untuk skala besar perhitungan nilai RE perbandingan algoritma *pour* dengan algoritma *tabu search* didapatkan hasil nilai RE diatas 5%. Sehingga, perbedaan hasil antara algoritma tersebut cukup signifikan. Akan tetapi, kemampuan algoritma *tabu search* lebih baik dibandingkan dengan algoritma *pour* dalam meminimalkan *makespan*. Karena, nilai *makespan* rata-rata yang dihasilkan *tabu search* lebih kecil dibandingkan algoritma *pour*.

Dari hasil penelitian, algoritma *pour* menghasilkan solusi penjadwalan yang baik dengan waktu komputasi yang relatif cepat. Sedangkan, algoritma *tabu search* untuk menghasilkan solusi



penjadwalan yang baik memerlukan waktu komputasi relatif lama. Hal ini dikarenakan algoritma *tabu search* memiliki struktur memori yang fleksibel. Struktur memori tersebut akan melakukan pencarian terus meskipun solusi yang diperoleh saat ini tidak ada yang lebih baik dari solusi terbaik yang telah diperoleh.

Untuk penerapan dalam dunia industri, algoritma *pour* secara khusus digunakan untuk penyelesaian penjadwalan *flowshop* dengan kriteria meminimalkan *makespan*. Sedangkan, penerapan dari algoritma *tabu search* dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan penjadwalan yang lebih kompleks. Karena, representasi solusi dan *objective function* dari algoritma *tabu search* tidak hanya terbatas pada satu tujuan kriteria penjadwalan saja, namun bisa ditambahkan dengan kriteria penjadwalan seperti minimasi *mean flow time*, minimasi *mean lateness*, minimasi *mean tardiness*, maksimasi utilitas rata-rata mesin, atau kriteria-kriteria penjadwalan yang lain. Sehingga, penggunaan algoritma *tabu search* dapat dikembangkan dan diterapkan sesuai dengan kebutuhan dunia industri.

Tabel 3.5. Penerapan Metode Heuristik Algoritma *Pour* dan *Tabu Search* pada Dunia Industri

No	Metode	Industri
1	<i>Pour</i>	Industri skala kecil dan menengah yang memerlukan solusi relatif cepat dalam penjadwalan produksi dengan kriteria minimasi <i>makespan</i> saja.
2	<i>Tabu Search</i>	Industri skala kecil, menengah, maupun besar yang memerlukan solusi penjadwalan produksi dengan satu atau beberapa kriteria penjadwalan.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Berdasarkan uji performansi menggunakan parameter performansi *makespan* rata-rata, EI, RE, dan *run time* rata-rata didapat hasil :
  - a. Berdasarkan *makespan* rata-rata, performansi terbaik dengan kombinasi 8 *jobs* 3 *machines*, kombinasi 13 *jobs* 3 *machines*, maupun kombinasi 44 *jobs* 34 *machines* yaitu metode heuristik algoritma *tabu search*. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai *makespan* rata-rata terkecil yang dihasilkan oleh metode heuristik algoritma *tabu search* dibandingkan dengan dua metode heuristik lainnya.
  - b. Berdasarkan hasil perhitungan nilai EI pada kombinasi 8 *jobs* 3 *machines*, kombinasi 13 *jobs* 3 *machines*, maupun kombinasi 44 *jobs* 34 *machines*, metode heuristik algoritma *tabu search* merupakan metode terbaik. Hal tersebut dilihat dari perhitungan EI antara metode heuristik algoritma *pour* dengan metode heuristik algoritma *tabu search* didapatkan nilai  $EI > 1$ .
  - c. Berdasarkan hasil perhitungan nilai RE pada kombinasi 8 *jobs* 3 *machines*, kombinasi 13 *jobs* 3 *machines*, maupun kombinasi 44 *jobs* 34 *machines*, didapat hasil bahwa metode heuristik algoritma *tabu search* sebagai metode terbaik memiliki hasil nilai RE terhadap metode heuristik algoritma *pour*.
  - d. Berdasarkan hasil analisis *run time* rata-rata, metode heuristik algoritma *pour* memiliki nilai *run time* yang paling cepat yaitu sebesar 0.144 detik dengan kombinasi 8 *jobs* 3 *machines*, 0.231 detik dengan kombinasi 13 *jobs* 3 *machines*, dan 3.503 detik dengan kombinasi 44 *jobs* 34 *machines*. Sedangkan, metode heuristik algoritma *tabu search* memiliki nilai *run time* yang paling lama yaitu 4.851 detik dengan kombinasi 8 *jobs* 3 *machines*, 10.506 detik dengan kombinasi 13 *jobs* 3 *machines*, dan 111.889 detik dengan kombinasi 44 *jobs* 34 *machines*. Meskipun metode heuristik algoritma *tabu search* memiliki nilai *run time* paling lama, namun nilai *run time* tersebut masih dapat ditoleransi.



2. Dalam penelitian ini didapatkan hasil bahwa metode heuristik algoritma *tabu search* merupakan metode terbaik dalam penjadwalan *flow shop n job m machine* untuk meminimalkan *makespan* dalam permasalahan kombinasi 8 *jobs 3 machines*, kombinasi 13 *jobs 3 machines*, dan kombinasi 44 *jobs 34 machines*.

#### 4.2. Saran

Penelitian ini masih memiliki berbagai batasan, oleh sebab itu saran yang dapat diberikan sebagai berikut :

1. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan eksperimen studi komputasi dengan jenis penjadwalan *job shop*.
2. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan eksperimen studi komputasi tidak hanya berfokus pada satu kriteria penjadwalan yang ada, namun bisa difokuskan agar metode penjadwalan produksi yang dikembangkan dapat memenuhi beberapa kriteria sekaligus.
3. Untuk penelitian selanjutnya perlu dilakukan eksperimen studi komputasi metode heuristik yang lain untuk mendapatkan metode penjadwalan *flow shop* yang lebih baik. Metode-metode metaheuristik tersebut antara lain algoritma *harmony search*, *simulated annealing*, *ant colony*, *particle swarm optimization*, serta algoritma metaheuristik lain.

#### Daftar Pustaka

- Adam, JR. Everett dan Ronald J. Ebert., 1995, *Production and Operation Management*, Prentice Hall inc, New Jersey.
- Baker, K.R. dan College, D., 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Willey and Son, Canada.
- Baker, K.R. dan Trietsch, D., 2009, *Principles of Sequencing and Scheduling*, John Willey and Son, Canada,
- Ginting, R., 2009, *Penjadwalan Mesin*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Glover, F., 1986, *Future Paths for Integer Programming and Links to Artificial Intelligence*, Computers and Operations Research, Vol. 13, pp. 533-549.
- Glover, F., Taillard E., Werra, D., 1993, *A User's Guide to Tabu Search*, Annuals of Operations Research, Vol.41, 3-28.
- Hasanudin, 2011, *Tugas Akhir : Optimasi Penjadwalan Job Shop dengan Metode Algoritma Tabu Search Untuk Meminimumkan Total Biaya Keterlambatan (Studi Kasus di Polman Bandung)*, Jurusan Teknik Industri, Universitas Indonesia, Jakarta.
- Kuncoro, C., 2013, *Tugas Akhir : Penjadwalan Produksi Kertas Menggunakan Algoritma Pour dan Algoritma NEH di PT. Kertas Leces Probolinggo*, Jurusan Matematika, Universitas Jember, Jember.
- Pour, H. D., 2001, *A New Heuristic for n-Job m-Machine Flowshop Problem*, Production Planning Control, Vol. 12, No. 7, pp. 648-653.
- Ramezani R., Saidi-Mehrabad M., dan Rahmani D., 2011, *Flow Shop Scheduling Problem with Missing Operations : Genetic Algorithm and Tabu Search*, International Journal of Applied Operational Research, Vol. 1, No 2, pp. 21-30.
- Soetanto, T.V. dan Palit, H.C., 2004, *Studi Perbandingan Performance Algoritma Heuristik Pour terhadap Mixed Integer Programming dalam Menyelesaikan Penjadwalan Flowshop*, Jurnal Teknik Industri, Vol. 6, No. 1, pp. 79-85.
- Suyanto, 2010, *Algoritma Optimasi (Deterministik atau Probabilitik)*, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Taillard, E., 1990, *Some Efficient Heuristic Methods For The Flow Shop Sequencing Problem*, European Journal of Operational Research, Vol. 47, No. 1, pp. 65-74.



# M – MANUFAKTUR



*Halaman ini sengaja dikosongkan*

## PRODUKSI SCLEROGLUCAN DARI *SCLEROTIUM ROLFSII* MENGUNAKAN MEDIA GULA CAIR HASIL HIDROLISIS PATI SINGKONG

**Bintang Iwhan Moehady, Nancy Siti Djenar, Emanuela Maria Widyanti**

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Bandung  
Jl.gegerkalong Hilir, Desa Ciwaruga, Bandung 40012  
Telpon : 0222016403  
E-mail : bintang@polban.ac.id

### Intisari

*Sclerotium rolfsii* (*S.rolfsii*) adalah salah satu jamur yang dapat menghasilkan biogum dengan nama scleroglucan. Di negara seperti India dan Amerika scleroglucan dimanfaatkan di berbagai industri secara komersial untuk bahan kosmetika, medis, bahan tambahan makanan dan oil recovery dengan menggunakan bahan baku Condensed corn solubles (CCS), coconut water, sugar cane molasses dan sugar cane juice (Arlene et al, 2010). Di Indonesia *S. rolfsii* lebih dikenal sebagai salah satu jamur patogen sehingga berbagai penelitian mengenai jamur tersebut hanya terbatas pada pencegahan, pengendalian dan karakterisasi dalam mengurangi sifat patogen dari *S.rolfsii*. Dalam penelitian ini sedang dipelajari pengaruh konsentrasi gula cair, sumber nitrogen dan trace element pada fermentasi dalam menghasilkan scleroglucan,. Fermentasi berlangsung aerobik, pengadukan pada 100-250 rpm, 25-35 °C, selama 42-72 jam, dan pH awal 4,5. Metode recovery scleroglucan yang digunakan adalah netralisasi, homogenisasi, pemanasan sampai 80 °C selama 30 menit, dan sentrifugasi sehingga diperoleh supernatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa regenerasi *Sclerotium rolfsii* InaCC F05 telah berhasil dilakukan secara kontinyu dengan menghasilkan berat sel kering 0,0603 g/L. Scleroglucan mulai terbentuk pada rentang waktu 54-72 jam dengan perolehan tertinggi pada 70-75 jam. Hasil analisis FTIR telah menunjukkan secara kualitatif keberadaan scleroglucan dari gula cair 4% dan 8%. Selain itu dari gula cair 8% diperoleh produktivitas volumetik 0,205975 g L<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, yield 14,8312 g/L, yield <sub>PC</sub> 0,370755 dan viskositas 0,7715 cP.

**Kata kunci :** *Sclerotium rolfsii*, scleroglucan, gula cair, fermentasi terendam

### 1. Pendahuluan

*Sclerotium rolfsii* (*S. rolfsii*) adalah salah satu jamur yang dapat menghasilkan senyawa polisakarida (biogum) dengan nama scleroglucan. Di beberapa negara telah banyak dilakukan penelitian mengenai manfaat *S. rolfsii* untuk menghasilkan scleroglucan dengan menggunakan bahan baku sukrosa, Condensed corn solubles (CCS), coconut water, sugar cane molasse, sugar cane juice dan glukosa ( Farina, J.I. et al, 2000; Fosmer, A et al, 2010; Survase, S.A. et al, 2010). Di negara seperti India dan Amerika senyawa hasil metabolisme mikroba ini telah banyak diperdagangkan dengan nama ACTIGUM<sup>TM</sup>CS sclerotium gum. Selain itu scleroglucan dimanfaatkan pula di pelbagai industri secara komersial antara lain untuk bahan kosmetika, medis, bahan tambahan makanan dan oil recovery.

Di Indonesia *S. rolfsii* lebih dikenal sebagai salah satu jamur patogen yang menyebabkan beberapa penyakit pada tanaman seperti kacang tanah, kentang, tomat, kedelai, kubis-kubisan, bawang, seledri, jagung, selada, kapas, tembakau dan kacang panjang. Sehingga berbagai penelitian yang telah dilakukan mengenai jamur tersebut hanya terbatas pada pencegahan,



pengendalian dan karakterisasi dalam mengurangi sifat patogen dari *S.rolfsii* (Anisa, 2011; Prasetyoningrum, 2012; Pudjihartati, 2007; dan Kartini, 2000 ).

Berdasarkan hal di atas maka dilakukan penelitian mengenai fermentasi (*submerged fermentation*) dari *S.rolfsii* untuk menghasilkan scleroglucan menggunakan bahan baku gula cair hasil hidrolisis enzimatis pati singkong. Latar belakang penggunaan gula cair, karena sampai saat ini bahan tersebut mudah didapat dan pemanfaatannya terbatas hanya sebagai bahan baku industri makanan dan minuman. Untuk mengoptimalkan produksi scleroglucan ini, maka dalam penelitian dipelajari mengenai pengaruh komposisi media fermentasi *S. rolfsii* dalam menghasilkan scleroglucan antara lain jumlah bahan baku, sumber karbon, sumber nitrogen dan *trace element*. Selain itu mempelajari pula kondisi proses fermentasi yaitu suhu, pH, oksigen terlarut, aerasi dan agitasi. Untuk memperoleh scleroglucan dalam bentuk padat atau serbuk, maka dipelajari pula metode recovery yang paling baik.

## 2. Metodologi

Media aktivasi *Sclerotium rolfsii* menggunakan media PDA (*Potatoes Dextrose Agar*) kemudian dikembangkan di dalam starter media gula cair. Starter sebanyak 10% v/v digunakan untuk inokulasi dalam fermentor sebesar 0,5 liter. Fermentasi berlangsung aerobik, putaran pengaduk pada rentang 300-500 rpm, suhu 25-35 °C, selama 42-72 jam. Komposisi bahan tambahan dalam media gula cair yang divariasikan yaitu : NaNO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>•3H<sub>2</sub>O, sukrosa, KCl, MgSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O, FeSO<sub>4</sub>•7H<sub>2</sub>O, *yeast extract*, *citric acid*•H<sub>2</sub>O, dan pH awal 4,5.

Metode *recovery* scleroglucan yang digunakan dalam penelitian adalah proses netralisasi dan homogenisasi, pemanasan sampai 80 °C selama 30 menit, dan sentrifugasi sehingga diperoleh supernatan. Untuk memperoleh scleroglucan ke dalam supernatan ditambahkan IPA (*Iso Propil Alkohol*) dalam perbandingan 1:3(v/v) dilanjutkan dengan pemisahan, pengendapan dan pengeringan. Analisis terhadap produk adalah viskositas, pH, berat kering produk dan analisis secara kualitatif menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Persiapan Mikroorganisme dan Media

*Sclerotium rolfsii* yang dikembangkan diperoleh dari Pusat Penelitian Biologi LIPI dan dari Universitas Padjadjaran (UNPAD). Mikroorganisme yang berasal dari LIPI diberi kode sesuai dengan kode yang diberikan, yaitu *Sclerotium rolfsii* InaCC F 05 dan dari UNPAD diberi label sesuai dengan data dari UNPAD, yaitu *Sclerotia*. Kedua sumber mikroorganisme tersebut secara terus menerus diregenerasi dan dijaga kemurniannya untuk dipakai sebagai bahan utama dalam penelitian yang dilakukan. Pada penelitian ini selanjutnya hanya akan menggunakan *Sclerotium rolfsii* F05 dengan pertimbangan bahwa karakteristik mikroorganisme tersebut telah terdokumentasi oleh para peneliti di LIPI.

### 3.2 Persiapan Media Pertumbuhan

Media pertumbuhan jamur yang digunakan adalah *Potatoes Dextrose Agar* (PDA) dengan komposisi yang umum dipakai.





Gambar 1. *Sclerotium rolfsii* InaCC F05

Pengembangan regenerasi mikroorganisme tersebut dilakukan berurutan, yaitu setelah media pertumbuhan disterilisasi, media dimiringkan dan didiamkan selama dua hari. Pada saat hari ketiga hanya pada media yang tidak terkontaminasi mikroorganisme tersebut akan ditumbuhkan. Mikroorganisme yang telah berusia lebih lima hari setelah penanaman inokulum selanjutnya digunakan dalam proses penelitian. Suhu yang dipergunakan di dalam inkubator adalah suhu kamar sampai maksimum 30 °C.

Hasil regenerasi menunjukkan bahwa proses regenerasi telah mencapai hasil seperti yang diharapkan, yaitu memiliki sifat fisik yang sama dengan mikroorganisme dari sumbernya.

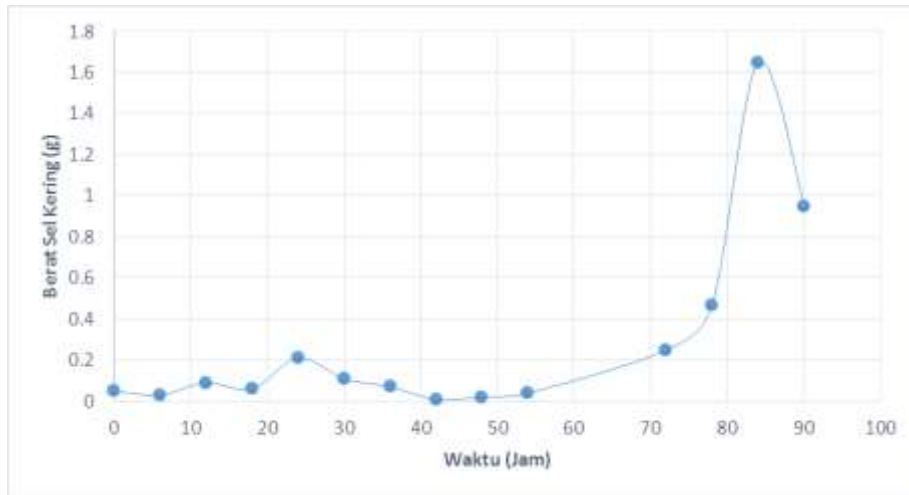


Gambar 2. Hasil Regenerasi *Sclerotium rolfsii* F 05

### 3.3 Kurva Pertumbuhan *Sclerotium rolfsii*

Kurva pertumbuhan *Sclerotium rolfsii* dalam media PDB (*Potatoes dextrose Broth*) ditampilkan dalam gambar 3.



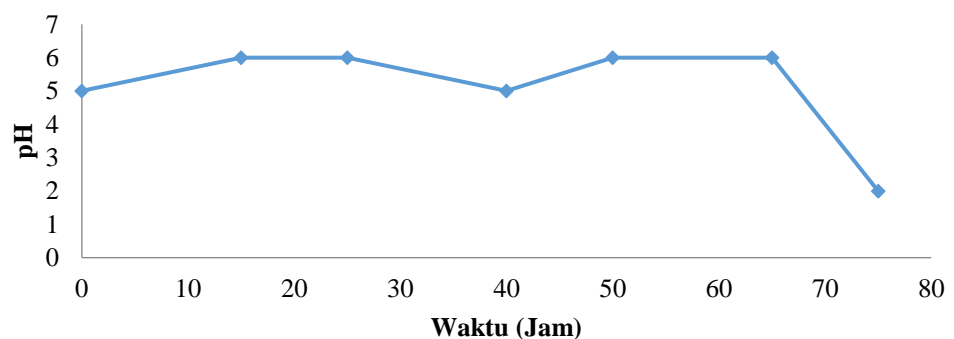


Gambar 3., Kurva berat sel kering (g) terhadap waktu (jam).

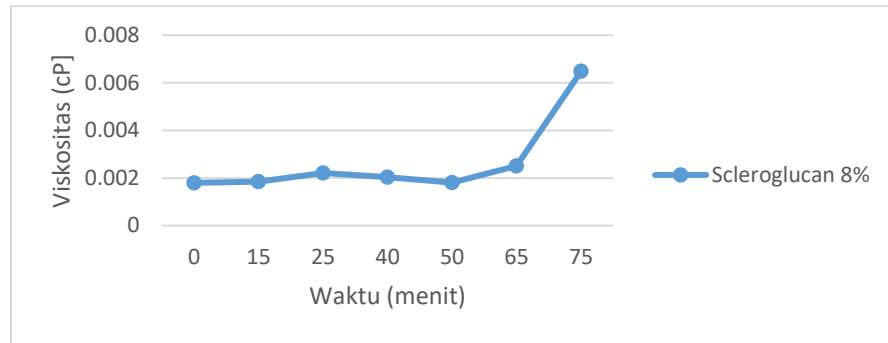
Kurva di atas menggambarkan adanya pertumbuhan sel *Sclerotium rofsii* yang makin meningkat dengan bertambahnya waktu. Hal ini menunjukkan bahwa adanya kesesuaian antara komposisi media dengan pertumbuhan *Sclerotium rofsii*. Dari gambar 3 terlihat bahwa laju pertumbuhan maksimum diperoleh antara jam ke 75 sampai dengan sekitar ke-90. Berdasarkan literatur scleroglucan merupakan metabolit sekunder sehingga diperkirakan akan muncul mulai jam ke 52 dan sebelum jam ke 90. Dari hal tersebut fermentasi untuk menghasilkan scleroglucan akan membutuhkan waktu dari 4 sampai 5 hari. Untuk penelitian selanjutnya akan menggunakan waktu tersebut sebagai referensi mulai terbentuknya scleroglucan. Hasil tersebut menunjukkan rentang waktu fermentasi yang berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Farina et al (2009), yaitu selama 48 dan 72 jam.

### 3.4 Kinetika Pertumbuhan Metabolit

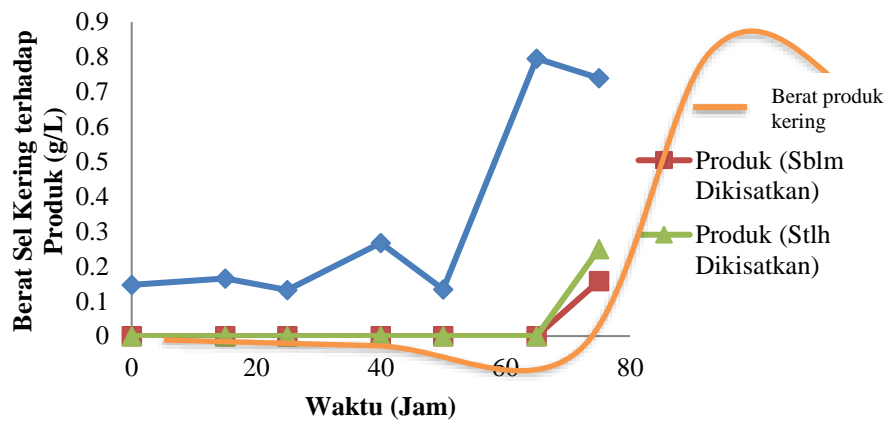
Pengamatan yang dilakukan terhadap pertumbuhan metabolit pada proses fermentasi oleh *Sclerotium rofsii* dalam media gula cair ditampilkan pada gambar 4., gambar 5., dan gambar 6.



Gambar 4. Hubungan antara pH terhadap waktu inkubasi



Gambar 5. Hubungan antara viskositas terhadap waktu inkubasi

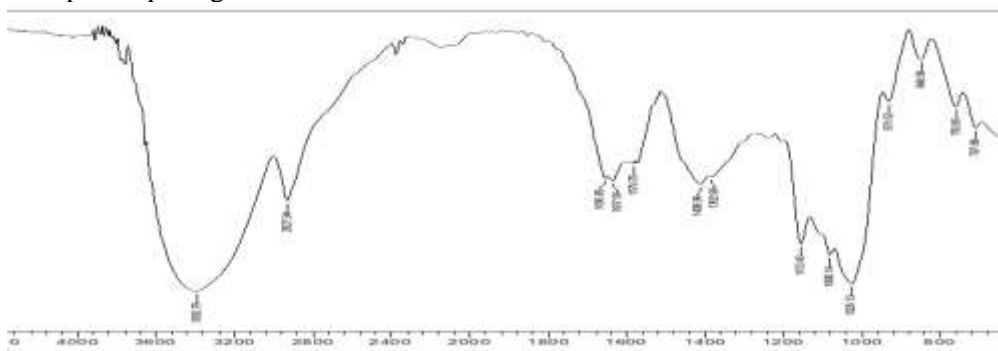


Gambar 6. Hubungan antara berat sel kering dan produk terhadap waktu inkubasi

Berdasarkan gambar produksi metabolit yang ditampilkan pada kurva antara pH, viskositas dan berat sel kering produk terhadap waktu menunjukkan bahwa produk akan mulai berkembang pada jam ke-50 sampai ke-75 yang diperkirakan sudah masuk pada fasa stasioner. Pada gambar 6 menunjukkan bahwa scleroglucan adalah metabolit sekunder. Hal ini dapat terlihat dengan hasil berat sel keringnya yang tinggi pada sekitar jam ke 70-75, yaitu pada fasa menjelang stasioner dan setelah jam ke 75 kurva mulai menurun. Hasil tampilan viskositas menyatakan bahwa telah mulai terjadi produk pada jam ke-50 dan perubahan pH pada waktu yang sama menggambarkan aktivitas mikroorganisme yang mulai meningkat.

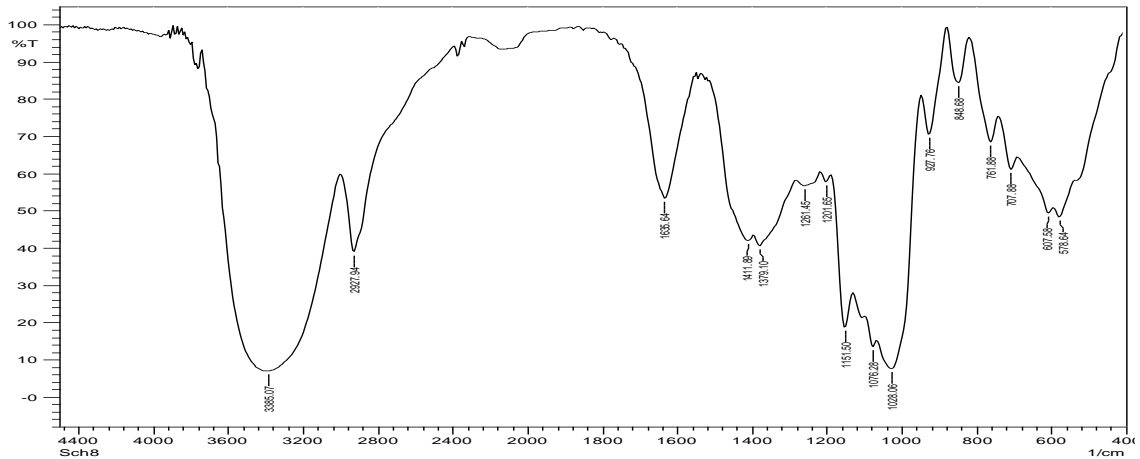
### 3.5 Produksi Scleroglucan

Hasil spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) scleroglucan dari gula cair 4 %, ditampilkan pada gambar 7.



Gambar 7. Spektrum FTIR scleroglucan yang dihasilkan dari gula cair 4%.

Hasil spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR) scleroglucan dari gula cair 8 %, ditampilkan pada gambar 8.



Gambar 8 Spektrum FTIR scleroglucan yang dihasilkan dari gula cair 8 %

Tabel 1. Perbandingan hasil analisis FTIR scleroglucan antara hasil penelitian dengan literatur

No	Keterangan	Gugus OH (Cm <sup>-1</sup> )	Gugus CH stretching (Cm <sup>-1</sup> )	Gugus CH bending (Cm <sup>-1</sup> )	COC glycosidic dan COH stretching (Cm <sup>-1</sup> )
1	Farina, J.I. et al , 2009	~ 3400	~2937	1475-1250	1000-1200
2	Scleroglucan -1	~3392	~2927	1409-1382	1026-1153
3	Scleroglucan-2	~3385	~2927	1411-1379	1028-1151

Berdasarkan tabel 1 terdapat kesesuaian gugus fungsi antara scleroglucan menurut literature (Farina, J.I. et al, 2009) dengan scleroglucan-1 dan scleroglucan-2 hasil penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa dalam penelitian ini secara kualitatif berhasil membuat scleroglucan melalui fermentasi dengan *Sclerotium rolfisii*. Secara keseluruhan hasil penelitian pembuatan Scleroglucan ditampilkan dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Produksi Scleroglucan menggunakan Media PDB.

No	Fermentasi Substrat Gula Cair	Berat Sel Kering (g/L)	Yield (g/L)	Rendemen (%)	Viskositas (cp)
1	4%	0.0580	2.1220	10.6100	0.9297
2	8%	0.0603	14.8302	37.0755	0.7715

Hasil penlitian di atas dibandingkan dengan Farina et al (2009) menunjukkan kinerja yang masih belum optimum, produktifitas volumetrik (Pr) dan Yield ( $Y_{(P/C)}$ ) yang dihasilkan oleh Ferina pada fermentasi selama 72 jam, adalah :  $Pr = 0,336 \text{ g L}^{-1}\text{h}^{-1}$  dan  $Y=0,50$ . Ferina menemukan bahwa fermentasi dalam waktu kurang dari 72 jam, yaitu 48 jam dapat pula menunjukkan parameter kinetik yang lebih baik.



Survase, S.A. et al (2006) dalam media sukrosa pada kondisi yang sama dengan penelitian ini menghasilkan yield 16.5 g/l. Pada media gula tebu menghasilkan scleroglucan maksimum 23.87 g/l, media air kelapa 12.58 g/l, dan media molase 18.45 g/l. Hasil penelitian menghasilkan maksimum Yield (g/L) sebesar 14,8312 pada konsentrasi gula cair dari singkong 8%.

Menurut Garcia-Ochoa, F. et al (2000), menyebutkan bahwa biopolimer hasil fermentasi pada umumnya menghasilkan minimum yield 14 g/L. Dalam hal ini scleroglucan hasil penelitian yang menggunakan gula cair pada konsentrasi 8% telah memenuhi kriteria tersebut.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa viskositas produk scleroglucan masih rendah, hal ini menunjukkan konsentrasi biopolimer yang dihasilkan masih belum optimum.

Dari bahasan di atas, hasil penelitian menunjukkan bahwa secara kualitatif proses fermentasi sudah cukup memadai namun perlu optimasi dalam proses fermentasi yang mencakup komposisi media maupun proses aerasinya.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

- 4.1 Regenerasi mikroorganisme *Sclerotium rolfii* InaCC F05 telah berhasil dilakukan dan secara kontinyu dilakukan untuk menunjang produksi Scleroglucan.
- 4.2 Pertumbuhan scleroglucan mulai terbentuk pada rentang waktu 54-72 jam setelah inokulasi dan tertinggi pada rentang waktu 70-75 jam.
- 4.3 Hasil analisa spektrofotometer dari fermentasi dengan media gula cair secara kualitatif telah menunjukkan keberadaan scleroglucan.
- 4.4 Keberadaan scleroglucan pada konsentrasi media gula cair 8% menghasilkan berat sel kering = 0,0603 g/L, produktivitas volumetik = 0,205975 g L<sup>-1</sup>h<sup>-1</sup>, yield= 14,8312 g/L, yield P/C =0,370755 dan viskositas = 0,7715 cP.
- 4.5 Perlu optimasi proses fermentasi dengan variasi komposisi media dan aerasi.

#### Daftar Pustaka

- Anisa, Yana., 2011, Pengaruh mulsa dan PGPR terhadap insidensi penyakit busuk pangkal batang (*S. Rolfii Sacc.*) pada tanaman kedelai (*Glycine max (L) Merrill*), Online, <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/53363>.
- Cargill, 2013, *150 years of helping the world thrive*, online, [http:// www. Sciencedirect.com/science/journal/01410229](http://www.Sciencedirect.com/science/journal/01410229)
- Farina J.I., F. Sineriz., 2001, *Isolation and physicochemical characterization of soluble scleroglucan from S.rolfsii. Rheological properties, molecular weight and conformational characteristic.*, *Carbohydrate polymers* 44 (2001) 41-50, Elsevier.
- Farina J.I. et al., 2009, *Structural stability of Sclerotium rolfii ATCC 201126 B-glucan with fermentation time: a chemical, infrared spectroscopic and enzymatic approach*, *Jurnal of Applied Microbiology* ISSN 1364-5072.
- Fosmer, Arlene, William R. Gibbons and Nicole J. Heisel, 2010, *Reducing the Cost of Scleroglucan Production by Use of a Condensed Corn Solubles*, *Medium Journal of Biotech Research* [ISSN: 1944-3285], 2:131-143.
- Garcia-Ochoa,F., V.E. Santos, J.A. Casas, E.Gomez., 2000, *Xanthan gum: production, recovery, and properties*, *Biotechnology Advances* 18, Elsevier.
- Kartini .W., 2000, Pengaruh solarisasi tanah terhadap pertumbuhan *S.rolfsii* dan patogenitasnya pada kacang tanah, online, <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/29220>.
- Prasetyoningrum,T., 2012, Potensi seduhan kompos untuk pengendalian penyakit layu *S.rolfsii* pada tanaman kedelai. <http://repository.ipb.ac.id/123456789/54912>.



- Pudjihartati.E., 2007, Ketahanan kacang tanah dan tembakau terhadap infeksi *S.rolfsii* Sacc. dengan ekspresi enzim kitinase tinggi, online, <http://repository.ipb.ac.id/123456789/46579>, Pusat Pelatihan Agrobisnis, Bioteknologi dan Sarana Industri
- Seny M., et al., 2011, Karakteristik isolat jamur *S.rolfsii* dari tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea linn*), *Jurnal Bioslogos* : vol 1, No.1.
- Survase S.A., Saudagar P.S., Singhal R.S., 2007, *Use of complex media for the production of scleroglucan by Sclerotium rolfsii* MTCC 2156, *Bioresource Technology* 98: 1509–1512.
- Survase, S.A., Parag S. Saudagar, Rekha S. Singhal., 2007, Scleroglucan: *Fermentative production, downstream processing and application. Review of Food Technol. Biotechnol* 45(2):107-118.



## Prototipe Mesin Pembuat Pelet Ikan Berbahan Dasar Sekam Padi

**Slamet Riyadi**

Fakultas Teknik, Universitas Wijaya Putra  
Jl. Raya Benowo 1-3 Surabaya 60195 - Indonesia  
Telp: (+62)31-7404404, (+62)821-39576064  
E-mail: slametriyadi@uwp.ac.id

### Intisari

*Sekam padi mempunyai potensi menjadi bahan pakan karena produksinya tinggi. Potensi industri peternakan dan perikanan di Jawa Timur sangat besar tetapi sering dibatasi oleh masalah pakan yang harganya relatif mahal. Hasil survey Biro Pusat Statistik Jawa Timur tahun 2012 untuk produksi padi 11.693.895 ton dengan luas areal tanaman 1.025.040 hektar. Hal itu berarti sekam padi senantiasa tersedia sepanjang tahun dalam jumlah yang cukup besar dan tidak dimanfaatkan sebagai bahan pangan. Untuk mengolah Sekam Padi menjadi pelet di perlukan Mesin yang mempunyai keunggulan: Hemat Listrik, Hasil Pelet Baik, mudah Perawatan dan Perbaikan, Desain menarik, Harga, Kapasitas mesin. Metode Penelitian: Perancangan Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi diawali perencanaan, pengembangan teknologi. Output perencanaan merupakan input, dibutuhkan untuk memulai tahap pengembangan konsep, selanjutnya perancangan tingkatan sistem dan detail produk. proses pengembangan produk adalah peluncuran produk merupakan pengujian dan perbaikan fase sebelumnya. Untuk pengembangan mengidentifikasi peluang, mengevaluasi dan memprioritaskan proyek, mengalokasikan sumber daya dan rencana waktu, melengkapi perencanaan pendahuluan proyek, merefleksikan hasil dan proses. Tahapan penelitian: Melakukan identifikasi dan kajian awal Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi, yang meliputi: Pengujian Fisik Pelet, Analisis Kimia Pakan, Pengukuran Kapasitas Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi. Luaran Penelitian: Analisa TOWS Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi, Hasil Analisa Uji Fisik Campuran Pelet dan Hasil Analisa Kimia Pakan, Pembuatan Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi, di Kecamatan Benowo, Kota Surabaya, Jawa Timur: Hasil Analisa Pengukuran Getaran dan Kebisingan, dan Kapasitas Mesin*

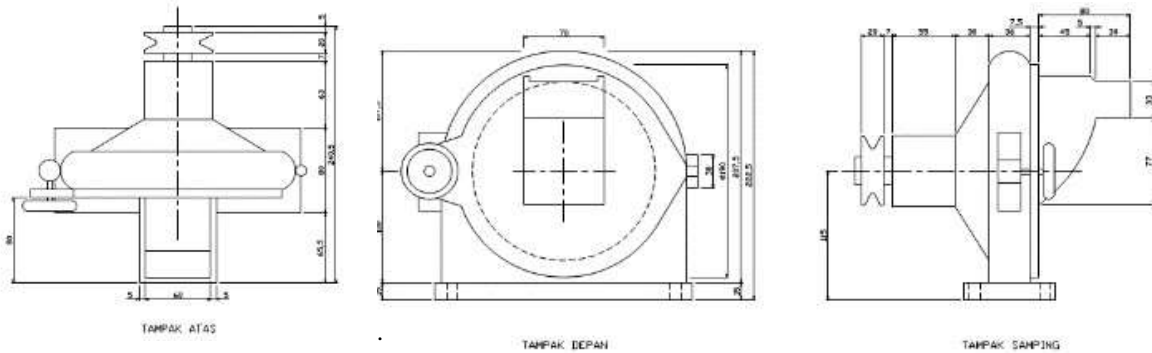
*Kata Kunci: Prototipe Mesin Pembuat Pelet, Sekam Padi*

### 1. Pendahuluan

#### 1.1. Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi Yang Ada.

Untuk mengolah limbah yang melimpah dari Sekam Padi menjadi pelet di perlukan Mesin Pembuat Pelet. Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi menggunakan alat motor listrik yang bertujuan untuk membantu atau mempermudah pembuatan pelet secara ekonomis (Arifuddin, 2014). Seperti Adapun proses pembuatan pelet pakan dengan menggunakan mesin yang mempunyai keunggulan penggunaannya sebagai berikut: Hemat Listrik, Hasil Pellet Baik, Perawatan & Perbaikan Mudah, Tidak Mudah Rusak Penggunaan Mudah, Otomatis, Desain menarik, mudah dibawa, Harga, Kapasitas mesin, Dapat dibongkar pasang, seperti terlihat pada gambar 1 di bawah:





Gambar 1. Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi

Untuk mendapatkan perbandingan putaran diperlukan suatu system pemudahan daya dan putaran berupa reduser. Dengan jenis yang digunakan penggilingan pakan ikan berupa konveyor, maka putaran yang digunakan adalah 150-200 rpm (Brown, 2006). Putaran ini adalah tergolong putaran lambat. Putaran lambat menghasilkan daya hancur bahan yang bagus dan mempengaruhi tingkat adonan yang padat. Putaran yang cepat menghasilkan adonan yang hancur dan adonan tidak keluar. Dan diameter puli standar pada tambahan unsur penggerak dan diameter puli output reduser, maka dapat ditentukan dua buah puli reduser dan input diameter penggerak konveyor dengan rumus:

$$\frac{N1}{N2} = \frac{d1}{d2} \text{ (Brown, 2006)}$$

**a. Perencanaan Daya Motor**

Parameter yang dijadikan acuan dalam daya motor adalah putaran poros. Adapun putaran poros yang direncanakan dan diameter pully dengan maksud untuk memaksimalkan daya yang terdapat pada motor tanpa merusak komponen – komponen mesin yang telah terpasang sedemikian rupa, jadi daya motor dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$P = F_{tot} \times V_c$$

dimana: P = Daya motor (W), Ftot = Gaya total (N), V<sub>c</sub>=Kecepatan linear poros (m/s), F<sub>tot</sub> = m<sub>tot</sub> x g, maka daya motor yang digunakan adalah:

$$W = F_{tot} \times V_c$$

daya motor yang nantinya akan digunakan untuk menggerakkan mesin pengolah sekam menjadi pellet (Shigley, 2008)

**2. Metodologi**

**2.1. Fase Perancangan produk**

Proses Desain Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi secara umum terbagi menjadi beberapa fase. Proses diawali dengan suatu fase perencanaan, yang berkaitan dengan kegiatan-kegiatan pengembangan teknologi dan penelitian tingkat lanjut. *Output* fase perencanaan adalah pernyataan misi proyek, yang merupakan *input* yang dibutuhkan untuk memulai tahap pengembangan konsep. Kemudian masuk pada fase perancangan tingkatan sistem dan detail produk. Penyelesaian dari proses pengembangan produk adalah peluncuran produk, di mana produk sudah dilakukan pengujian dan perbaikan pada fase sebelumnya. Untuk mengembangkan suatu rencana produk dan pernyataan misi proyek, *Karl T. Ulrich & Steven D. Eppinger (2001)* mengusulkan lima tahapan proses yaitu mengidentifikasi peluang, mengevaluasi dan memprioritaskan proyek, mengalokasikan sumber daya dan rencana waktu, melengkapi perencanaan pendahuluan proyek, merefleksikan kembali hasil dan proses.



## 2.2. Fase Pengembangan Konsep

Pada fase pengembangan konsep, Desain Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi kebutuhan pasar target diidentifikasi, alternative konsep-konsep produk dibangkitkan dan dievaluasi, dan satu atau lebih konsep dipilih untuk pengembangan dan percobaan lebih jauh. Konsep adalah uraian dari bentuk, fungsi, dan tampilan suatu produk dan biasanya dibarengi dengan sekumpulan spesifikasi, analisis produk-produk pesaing serta pertimbangan ekonomis proyek.

## 2.3. Fase Perancangan Tingkatan System

Fase perancangan tingkatan system Desain Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi mencakup definisi arsitektur produk dan uraian produk menjadi subsistem-subsistem serta komponen-komponen. Gambaran rakitan akhir untuk system produksi biasanya didefinisikan selama fase ini. *Output* pada fase ini biasanya mencakup tata letak bentuk produk, spesifikasi secara fungsional dari tiap subsistem produk, serta diagram aliran proses pendahuluan untuk proses rakitan akhir.

## 2.4. Fase Perancangan Detail

Fase perancangan detail Desain Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi mencakup spesifikasi lengkap dari bentuk, material, dan toleransi-toleransi dari seluruh komponen unik pada produk dan identifikasi seluruh komponen standar yang dibeli dari pemasok. Rencana proses dinyatakan dan peralatan dirancang untuk tiap komponen yang dibuat dalam system produksi. *Output* dari fase ini adalah pencatatan pengendalian untuk produk: gambar pada file komputer tentang bentuk tiap komponen dan peralatan produksinya, spesifikasi komponen-komponen yang dibeli, serta rencana proses untuk pabrikan dan perakitan produk.

## 2.5. Fase Pengujian Dan Perbaikan

Fase pengujian dan perbaikan Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi melibatkan konstruksi dan evaluasi dari bermacam-macam versi produksi awal produk. Prototipe awal (*alpha*) biasanya dibuat dengan menggunakan komponen-komponen dengan bentuk dan jenis material pada produksi sesungguhnya, namun tidak memerlukan proses pabrikan dengan proses yang sama dengan yang dilakukan pada produksi sesungguhnya. Prototipe (*alpha*) diuji untuk menentukan apakah produk akan bekerja sesuai dengan yang direncanakan dan apakah produk memenuhi kebutuhan kepuasan konsumen utama. Prototipe berikutnya (*beta*) biasanya dibuat dengan komponen-komponen yang dibutuhkan pada produksi namun tidak dirakit dengan menggunakan proses perakitan akhir seperti pada perakitan sesungguhnya. Prototipe *beta* dievaluasi secara internal dan juga diuji oleh konsumen dengan menggunakannya secara langsung. Sasaran dari prototipe *beta* biasanya adalah untuk menjawab pertanyaan mengenai kinerja dan keandalan dalam rangka mengidentifikasi kebutuhan perubahan-perubahan secara teknik untuk produk akhir.

## 2.6. Fase Produksi Awal

Pada fase produksi awal, Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi produk dibuat dengan menggunakan system produksi yang sesungguhnya. Tujuan dari produksi awal ini adalah untuk melatih tenaga kerja dalam memecahkan permasalahan yang mungkin timbul pada proses produksi sesungguhnya. Produk-produk yang dihasilkan selama produksi awal kadang-kadang disesuaikan dengan keinginan pelanggan dan secara hati-hati dievaluasi untuk mengidentifikasi kekurangan-kekurangan yang muncul.

## 2.7. Diagram Alir Fase Pembuatan dan pengembangan Prototipe

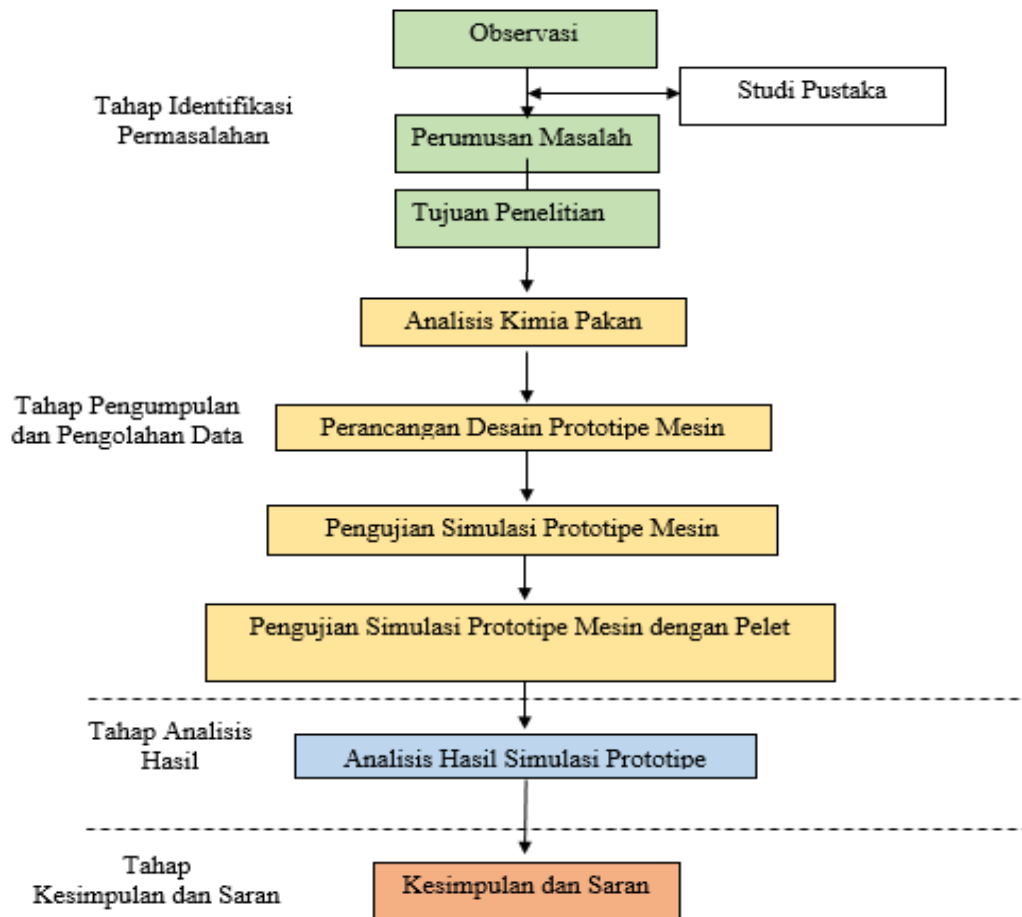
Fase-fase tersebut dapat digambarkan secara umum di terangkan pada gambar 2 sebagai berikut:



Gambar 2. Diagram alir Pembuatan dan Pengembangan Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi



Metodologi penelitian yang digunakan dalam pembuatan mesin pengolah sekam menjadi pellet ini adalah seperti pada gambar 3 dibawah:



Gambar 3. Diagram Tahapan Penelitian Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Desain Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi

Desain Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi, ada 2 konsep desain yang dijadikan alternatif dan acuan dalam perancangan Prototipe Mesin ini, yaitu; Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi Sederhana Tanpa Pipa dan Cyclone dan Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi dengan Pipa dan Cyclone, seperti pada gambar 4 di bawah:



Gambar 4. Desain Prototipe Mesin Pembuat Pelet Sekam Padi

### 3.2 Analisa Fluida Prototype Mesin

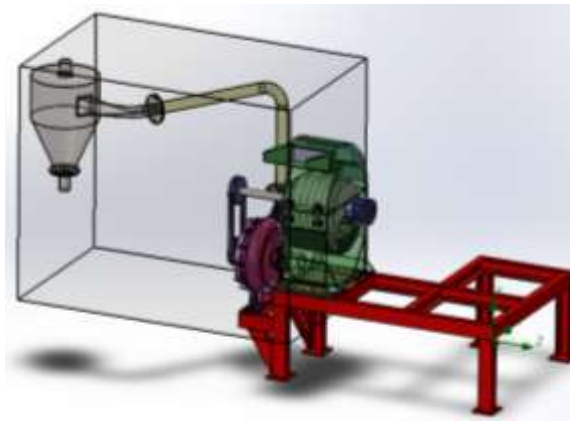
#### 3.2.1. Menentukan konfigurasi

Langkah – langkah dasar dalam pembuatan analisis flow simulation adalah sebagai berikut:

- Menentukan konfigurasi yang mana yang akan digunakan untuk analisis, baik menggunakan konfigurasi yang sudah ada ataupun membuat konfigurasi baru.
- Menentukan tipe analisis yang akan digunakan baik internal ataupun external. Disini juga bisa menentukan physical features.
- Menentukan fluida default yang digunakan dalam analisis ini dan juga tipe dari aliran seperti laminar, turbulent, ataupun keduanya.
- Mendefinisikan boundary condition untuk aliran yang terjadi pada dinding dari geometri model.
- Apabila project yang dibuat tidak mengikutsertakan perpindahan panas, sebaiknya menggunakan “Adiabatic wall”. Tipe ini mengasumsikan bahwa dinding terisolasi secara sempurna.
- Apabila kita tidak mengetahui tingkat kehalusan dari dinding, sebaiknya kita menggunakan nilai default yaitu “0” (asumsi dinding halus) Mendefinisikan kepadatan (density) mesh untuk meningkatkan keakurasian hasil yang didapat.

#### 3.2.2. Computational Domain

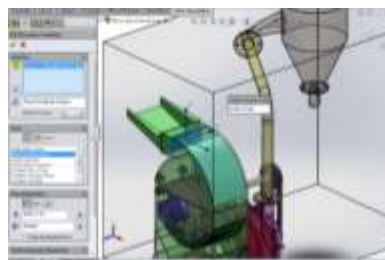
Computational domain atau kotak wireframe yang mengelilingi model, di definisikan sebagai volume yang fix dengan coordinate system. Meskipun fluida masuk dan keluar dari computational domain computational domain itu sendiri tetap fix. Flow Simulation menganalisis model dan otomatis membuat computational domain yang mencakup keseluruhan model, seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 5. Computational Domain

#### 3.2.3. Boundary Condition

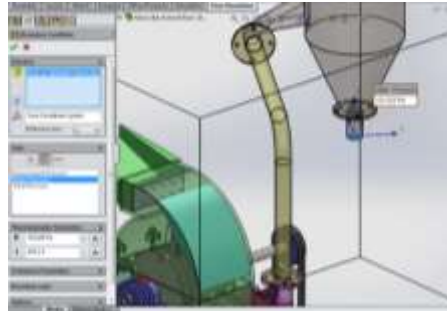
Menambahkan boundary condition. Flow Simulation menentukan udara yang masuk melalui inlet sebesar  $0.05\text{m}^3/\text{s}$ ., seperti pada gambar 6 di bawah:



Gambar 6. Boundary Condition

### 3.2.4. *Boundary Condition Pressure Static*

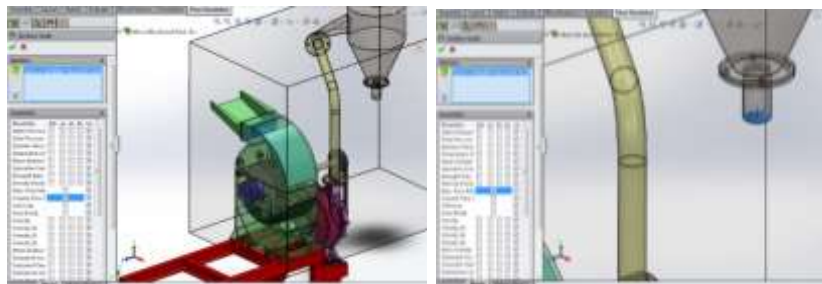
Volume flowrate dibutuhkan sebagai output pada setiap outlet, maka pressure condition dapat digunakan untuk mengidentifikasi outlet condition. Jika nilai pressure tidak diketahui pada outlet dari setiap port, gunakan ambient static pressure condition pada setiap permukaan outlet untuk analisis ini. Dengan nilai pressure = 101325 PA, Temperature = 293.2 K., seperti pada gambar 7 di bawah:



Gambar 7: *Boundary Condition Pressure Static*

### 3.2.5. *Engineering Goal*

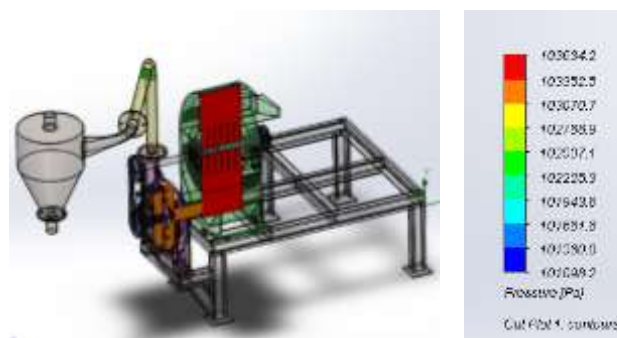
Dengan *engineering goal*, dapat menentukan parameter tertentu untuk kriteria yang dicari sebagai hasil analisis dan dapat menampilkannya sementara solver sedang running untuk mendapatkan informasi mengenai hasil yang mungkin didapat setelah perhitungan selesai. Ada lima tipe goal *Flow Simulation* yaitu *Global Goal*, *Surface Goal*, *Point Goal*, *Volume Goal*, dan *Equation Goal*., seperti pada gambar 8 di bawah:



Gambar 8: *Global Goal*

### 3.2.6. *Proses Cut Plot Pressure*

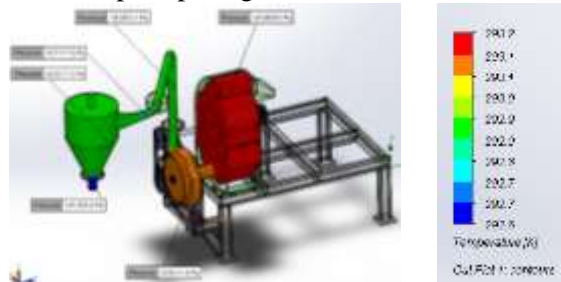
Dapat melihat nilai dari pressure maksimal 103634.2 Pa dan minimal 101098.2 Pa lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 9 di bawah:



Gambar 9. *Proses Cut Plot Pressure*

### 3.2.7. Proses *Surface Plot Pressure*

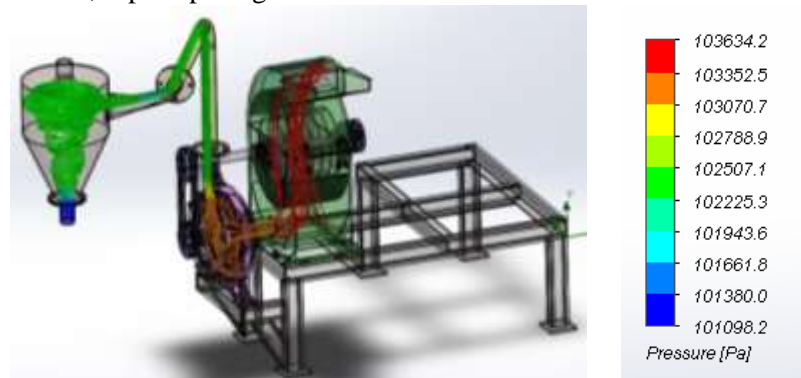
Surface Plot menampilkan hasil analisis pada permukaan dari model. Probe digunakan untuk melihat nilai yang terjadi di area yang kita pilih. Kita dapat melihat nilai dari Pressure maksimal 103634.2 Pa yang terjadi pada permukaan body hammer mill dan minimal 101098.2 Pa yang pada permukaan outlet lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 10 di bawah:



Gambar 10: Proses *Surface Plot Pressure*

### 3.2.8. Proses *Flowtrajectories Plot Pressure*

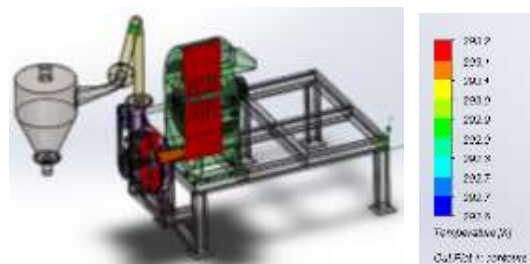
Dengan Flow trajectories kita bisa melihat aliran arus dan lintasan dari partikel dengan massa dan temperature yang dimasukkan ke dalam fluida. Kita dapat melihat nilai dari pressure maksimal 103634.2 Pa yang terjadi pada bagian body, pressure sedang terjadi pada bagian dalam silo hammer mill dengan nilai 102225.3 Pa dan minimal dengan nilai 101098.2 Pa yang pada bagian dalam saluran outlet. Lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 11 di bawah:



Gambar 11: Proses *Flowtrajectories Plot Pressure*

### 3.2.9. Proses *Cut Plot Temperature*

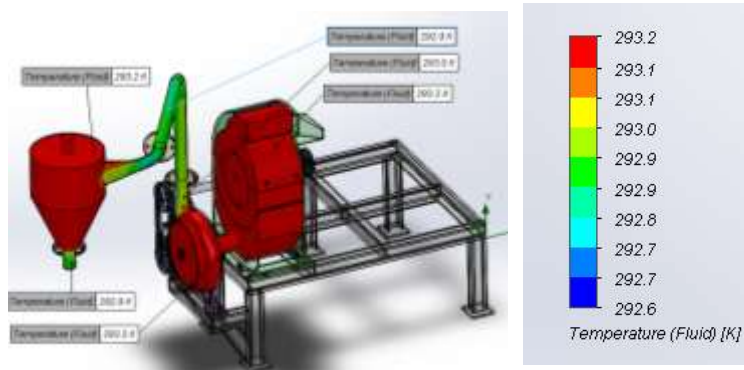
Dapat melihat nilai dari Temperature maksimal 293.2 K dan minimal 292.6 yang lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 12 di bawah:



Gambar 12: Proses *Cut Plot Temperature*

### 3.2.10. Proses Surface Plot Temperature

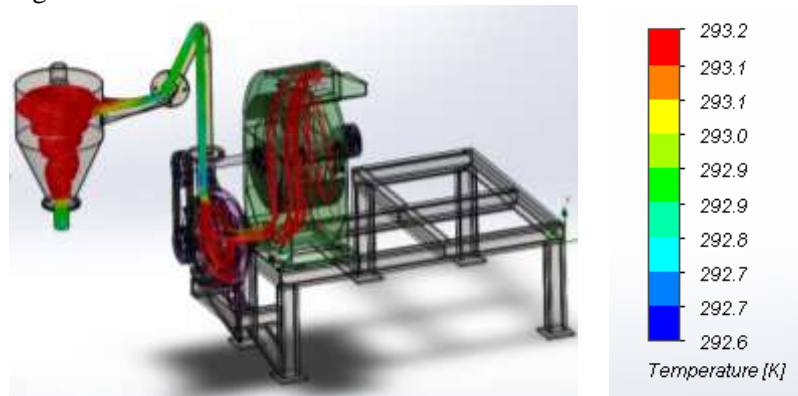
Dapat melihat nilai dari Temperature maksimal 293.2 K yang terjadi pada permukaan blower, body, silo hammer mill dan minimal 293.0 K yang pada permukaan pipa dan outlet lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 13 di bawah:



Gambar 13: Proses Surface Plot Temperature

### 3.2.11. Proses FlowTrajectories Plot Temperature

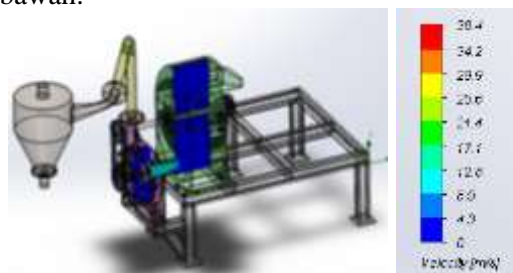
Dapat melihat nilai dari temperature maksimal 293.2 K yang terjadi pada bagian dalam body, blower dan silo temperature sedang terjadi pada bagian dalam pipa penghubung dengan nilai 292.9 K dan minimal dengan nilai 292.6 K yang pada bagian dalam blower dengan arah vertical. Lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 14 di bawah:



Gambar 14: Proses FlowTrajectories Plot Temperature

### 3.2.12. Proses Cut Plot Velocity

Dapat melihat nilai dari kecepatan maksimal 38.4 m/s dan minimal 0 m/s yang lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 15 di bawah:

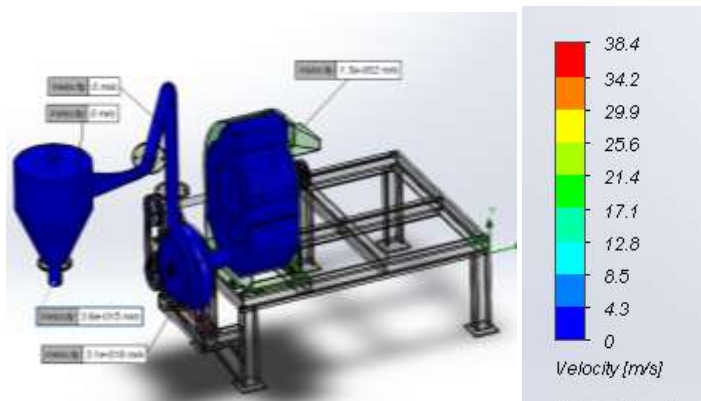


Gambar 15. Proses Cut Plot Velocity



### 3.2.13. Proses Surface Plot Velocity

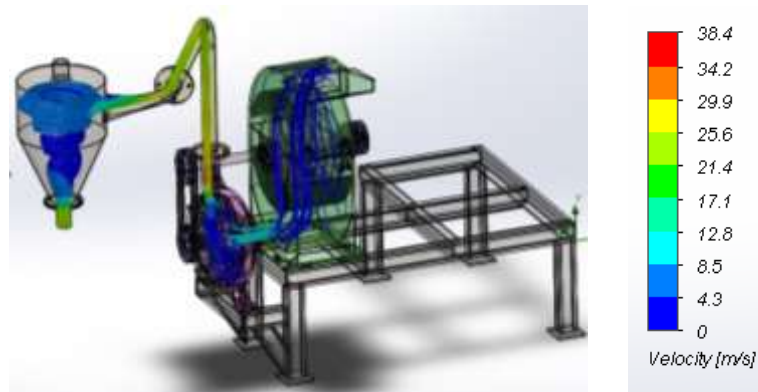
Dapat melihat nilai dari Velocity maksimal 0.16 m/s yang terjadi pada permukaan blower hammer mill dan minimal 0.02 m/s yang pada permukaan body lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 16 di bawah:



Gambar 16: Proses Surface Plot Velocity

### 3.2.14. Proses FlowTrajectors Plot Velocity

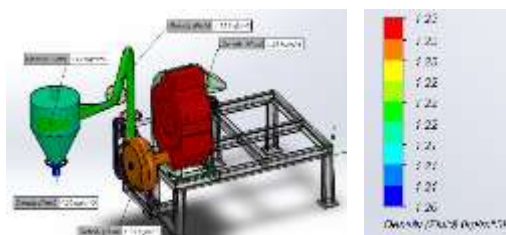
Dapat melihat nilai dari velocity maksimal 28.4 m/s yang terjadi pada bagian dalam blower arah vertical, velocity sedang terjadi bagian dalam pipa silo dan pipa outlet dengan nilai 17.10 m/s dan minimal dengan nilai 0 m/s yang pada bagian dalam body, blower dan silo. Lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 17 di bawah:



Gambar 17: Proses FlowTrajectors Plot Velocity

### 3.2.15. Proses Surface Plot Density

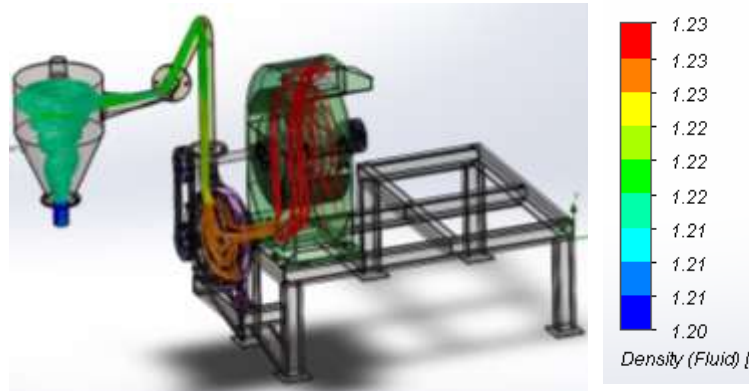
Dapat melihat nilai dari Density maksimal 1.23 kg/m<sup>3</sup> yang terjadi pada permukaan body hammer mill dan minimal 1.20 kg/m<sup>3</sup> yang pada permukaan outlet lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 18 di bawah:



Gambar 18: Proses Surface Plot Density

### 3.2.16. FlowTrajectors Plot Density

Kita dapat melihat nilai dari density maksimal  $1.23 \text{ kg/m}^3$  yang terjadi pada bagian dalam body hammer mill density sedang terjadi pada bagian dalam silo dengan nilai  $1.22 \text{ kg/m}^3$  dan minimal dengan nilai  $1.20 \text{ kg/m}^3$  yang pada bagian dalam pipa outlet Lihat pada color bar yang ditandai dengan warna merah untuk maksimal dan warna biru untuk minimal, seperti pada gambar 19 di bawah:



Gambar 19: Proses FlowTrajectors Plot Density

## 4. Kesimpulan dan Saran

- Proses yang berlangsung secara terus menerus atau kontinyu.
- Keselamatan kerja dapat diunggulkan karena prosesnya berlangsung didalam tabung yang tertutup.
- Efektif dan efisien dalam penggunaan karena ada pintu masuk dan pintu keluar yang terpisah.
- Lebih efisien karena screw conveyor akan multi fungsi, disamping sebagai pengangkut material sekam padi, screw conveyor juga akan berfungsi sebagai pengaduk dan konduktor panas.
- Pipa dan Cyclone memiliki laju yang rendah karena adanya blower antara sehingga dimungkinkan proses serbuk yang maksimal.
- Tekanan Statis :  $101.325,0 \text{ Pa}$  , Suhu :  $293,2 \text{ K}$
- Suhu Awal:  $293,2 \text{ K}$ , Intensitas Turbulensi:  $2.00 \%$ , Panjang :  $0.015 \text{ m}$
- Kecepatan yang normal:  $0,5 \text{ m/s}$ , Suhu:  $293,2 \text{ K}$ , Panjang Intensity:  $2.00 \%$  Panjang:  $0.015 \text{ m}$

## Daftar Pustaka

- Balai Pengkajian Teknolgi Pertanian Jawa Timur, Malang.
- Henry, 2002, *Mekanika Fluida I*, Teknik Mesin Universitas Bung Hatta, Padang.
- Henry Andriawan Arifuddin, Slamet Riyadi, 2014, Perancangan Mesin Pengolah Sekam Padi Menjadi Pellet Pakan Ternak Dengan Kapasitas Produksi  $65 \text{ Kg/Jam}$ , Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik - Universitas Wijaya Putra Surabaya
- Kiki Haetami, Junianto, dan Yuli Andriani, 2005, Tingkat Penggunaan Gulma Air *Azolla Pinnata* Dalam Ransum Terhadap Pertumbuhan Dan Konversi Pakan Ikan Bawal Air Tawar, Universitas Padjajaran
- R. S. Khurmi dan J. K, Ghupta, 1987, *A Text Book and Machine Design*, Eurasia Publishing House (PVT) LTD, New Delhi.
- Sears and W. Zemansky, 1982, *Fisika untuk Universitas 1, Mekanika. Panas. Bunyi*, Bina Cipta, Bandung.
- Shigley, Yoseph Edward and C.R. Mischke, 1986, *Mechanical Engginering Design*, MC Grow Will, Singapura.



- Syahputra, A., 2009, Rancang Bangun Alat Pembuat Pakan Ikan Mas Dan Ikan Lele Dalam Bentuk Pelet, Fakultas Pertanian – Universitas Sumatera Utara
- Stolk.J dan Ir. C. Kros, 1984, *Elemen Mesin*, Erlangga, Jakarta.
- Sularso dan K. Suga, 2004, *Dasar Perencanaan dan Pemilihan Elemen Mesin*, cetakan ketujuh, PT. Pradnya Paramitha, Jakarta.
- Thomas H. Brown, 2005, *Marks' Calculations for Machine Design*, Second Edition, McGraw-Hill
- W.L.Mc. Cabe, 1990, *Operasi Teknik Kimia*, Jakarta.





# **Pengembangan Mesin Oven Bamboo Basket Berbasis Non Toxic Finish Untuk Mendukung Strategi Eco Design Produksi Usaha Kecil Menengah**

**Rusdiyantoro, Yunia Dwie Nurcahyanie**

Program Studi Teknik Industri, FTI, Universitas PGRI Adi Buana Surabaya  
Jl. Dukuh Menanggal XII/ 4, Surabaya, Kode Pos 60234  
Telpon. 031-5041097  
Email: rusdi2008@yahoo.com

## **Intisari**

*Persaingan industri kecil menengah khususnya produk berbahan bambu di Indonesia cukup ketat. Namun untuk menembus kemampuan ekspor produk berbahan bambu, UKM Indonesia belum bisa bersaing dengan produksi dari negara lain. Salah satu penyebabnya adalah ketidak mampuan produsen usaha bambu melakukan finishing yang tidak beracun, dan tidak menerapkan konsep produksi bersih pada proses produksinya. Berdasarkan penelitian terdahulu konsep produksi bersih tidak terlepas dari metode Design For Assembly (DfA), Design for Disassembly (DfD), Design for Maintenance (DfM). Salah satu penyelesaian untuk DfA, khususnya proses finishing produk bambu adalah penggunaan teknik finishing atau cat yang tidak beracun, namun maksimal pada proses pengawetan. Penerapan produk dengan teknik finishing yang tidak beracun membutuhkan teknik pengeringan yang baik untuk material bambu. Dengan kondisi material bambu yang kering maksimal, mengurangi porous material, dan dengan finishing non toxic mampu menutup porous dengan sempurna dan mengurangi resiko terjadinya jamur dan resiko kerusakan material lainnya. Untuk itu dibutuhkan mesin oven atau mesin pengering, yang mampu mengurangi kelembapan material bambu, dan menguatkan bambu menggunakan non toxic finish berbasis air.*

*Kata Kunci : Keranjang Bambu, Mesin Pengering, Finishing*

## **1. Pendahuluan**

Pembangunan yang berkelanjutan sangatlah penting diterapkan dalam semua lini, tidak terkecuali UKM, karena menjadi upaya pemenuhan kebutuhan saat ini, namun tidak melupakan kepentingan generasi masa depan agar generasi masa depan mampu untuk mencukupi kebutuhan hidupnya (WCED, 1987).

Salah satu produksi yang diminati pasar ekspor adalah produk kerajinan terutama kerajinan anyaman yang dibuat dari bahan alam seperti bambu, rotan, serat mendong, pelepah pisang, serata kelapa, serat nanas, serat pandan, dan sebagainya. Semua jenis bahan alam ini memerlukan proses pengeringan yang maksimal untuk mendapatkan tingkat kekeringan yang diinginkan yaitu kurang dari 14%.

Produk kerajinan dengan proses anyaman, masih terkendala beberapa faktor, diantaranya proses pengeringan yang dilakukan masih menggunakan proses manual yaitu dengan mengandalkan panas matahari. Kendala yang ditemui dari pelaksanaan proses pengeringan manual ini adalah, cuaca yang tidak menentu. Terlebih lagi apabila sentra UKM kerajinan anyaman berada pada kota dengan curah hujan tinggi, akan sangat menghambat proses produksi dan resiko keterlambatan menjadi semakin tinggi (Rusdiyantoro, 2011).

Pengembangan produk dan keberlanjutannya adalah kombinasi dan kondisi yang penting mulai dari tahapan rancangan, pemilihan bahan baku, tipikal produk, sampah produk. Banyaknya komponen yang dilibatkan mulai awal produk dikembangkan, proses produksi, pemasaran,



sampai pengolahan sampah sisa produksi (Rusdiyantoro, 2010) . Karena banyaknya hal yang dilibatkan dan setiap industri memiliki karakteristik yang berbeda maka diperlukan metodologi yang tepat untuk mengembangkan dan menerapkan produk yang lebih berkelanjutan. Definisi yang terkait dengan Pengembangan Produk Berkelanjutan (*Sustainable Product Development*). Definisi awal dikeluarkan oleh *Worlds Commission on Environment and Development's* pada dasarnya produk berkelanjutan adalah segala jenis produk yang diproduksi saat ini namun pemanfaatannya harus selalu berkaitan dengan kebutuhan di masa depan (Lee dkk, 2008).

Banyak sekali kasus terkait dengan produk berbahan bambu yang telah diekspor namun kualitasnya tidak sesuai dengan harapan konsumen. Hal ini terjadi karena kondisi bambu masih lembab langsung difinishing dengan bahan cat berbasis minyak yang beracun. Namun tetap cat tersebut tidak mampu menutup porous material bambu, dan kerusakan material terjadi dibagian dalam produk, untuk bagian luar tetap tampak bagus, bagian dalam produk terjadi kerusakan, yang disebabkan tingkat kekeringan yang kurang tepat pada saat proses aplikasi proses pengecatan (Yunia, 2011).

Proses produksi bersih , tidak hanya dilihat dari limbah yang dihasilkan, namun juga dilihat dari proses keseluruhan termasuk kesehatan dan keselamatan kerja daripada pengrajin keranjang berbahan baku alam. Selama ini untuk memenuhi kebutuhan pasar lokal, para pengrajin menggunakan cat berbahan dasar minyak yang umum digunakan sebagai bahan cat mobil atau furniture. Padahal produk keranjang yang dihasilkan digunakan untuk produk pengemasan makanan, seperti roti, keranjang buah, sampai kepada keranjang pengemasan kopi, coklat, madu dan sebagainya. Jika hal ini terus menerus dilakukan, maka resiko keracunan baik bagi pengrajin itu sendiri, maupun konsumen dari produk makanan yang dikemas tidak menggunakan bahan yang di cat menggunakan bahan non toxic dan aman akan sangat berbahaya produk makanan untuk dikonsumsi.

Faktor produksi yang kurang memperhatikan keselarasan lingkungan dan kesehatan inilah yang menjadi penyebab kurangnya kemampuan UKM keranjang anyam berbahan baku alam terutama bambu, rotan, mendong untuk menembus pasar ekspor, meskipun sebenarnya permintaan untuk produk-produk tersebut sangat tinggi, namun UKM kita belum mampu menyesuaikan standar yang diminta oleh pasar ekspor. Oleh sebab itu sangat penting bagi UKM keranjang, untuk lebih memperhatikan aspek-aspek kontinuitas dan keberlanjutan agar bisa meningkatkan kemampuan ekonominya dengan menembus pasar ekspor, meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan dengan menggunakan bahan dan proses produksi yang ramah lingkungan, dan mampu mensejahterakan lingkungannya yaitu memperhatikan aspek sosial budaya. Aspek-aspek tersebut lebih dikenal dengan istilah *Tripple Bottom Line* (Putranti, 2013).

Berdasarkan penelitian sebelumnya metode SPD terbukti memberikan kontribusi besar pada keberlanjutan umur produk, dan memberikan kemungkinan untuk sebuah produk memiliki umur yang lebih panjang dengan melakukan berbagai treatment seperti recycle dan reuse. Dengan demikian dengan perancangan awal pada proses SPD mampu menghemat kebutuhan bahan baku dan proses, sehingga secara keseluruhan dapat menghemat biaya-biaya pada industri manufaktur (Rusdiyantoro, 2011). Ketepatan produksi , dan ketepatan finishing atau proses pengecatan dan pengeringan, mampu memberikan tingkat keawetan produk berbahan alami seperti rotan atau bambu, sehingga proses pembuatan menjadi lebih tepat waktu (Rusdiyantoro, 2013). Desain produk pada industri memiliki dampak besar pada keberlanjutan produk, dimana UKM harus memiliki strategi dan kontrol pada setiap tahapan proses produksi menggunakan teknologi yang mendukung produksi bersih (Setyo Purwoto dan Yunia , 2012).

Aplikasi cat berbahan dasar air yang berifat non toxic membutuhkan kualitas bahan yang akan di cat harus betul-betul kering dengan tingkat kekeringan maksimal 14%. Pengeringan alami menggunakan sinar matahari, hanya efisien saat musim kemarau kering. Akhir-akhir ini UKM kesulitan melakukan proses penjemuran karena terkendala musim kemarau basah, dimana meskipun sudah memasuki musim kemarau, kondisi cuaca tetap lembab dan hujan. Dengan



kondisi tersebut, biasanya UKM merendam bahan kedalam air yang dicampur dengan bahan kimia berbahaya untuk menghindari jamur dan tungau (Yunia Dwie dan Rusdiyantoro, 2010).

Berdasarkan situasi tersebut, penelitian ini akan memberikan solusi produksi bersih yaitu mengurangi penggunaan finishing atau cat beracun pada produk berbahan bambu khususnya keranjang, dengan mengembangkan mesin pengering atau oven untuk mengurangi kadar air pada material bambu sebelum difinishing, tanpa harus tergantung pengeringan alami. Dengan kondisi material bambu yang sudah kering maksimal, maka bisa dilakukan proses pengecatan menggunakan cat non toxic. Mesin pengering yang dikembangkan bersifat modular, dan bisa disesuaikan dengan kapasitas dari produksi dan jenis produk yang akan dikeringkan. (Yunia, 2008).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengembangkan mesin oven khusus untuk produk keranjang anyaman berbahan bambu dan bahan alam lainnya, melakukan pengujian tingkat kekeringan dan tingkat kekuatan bahan setelah mengalami proses oven, melakukan evaluasi dan pengujian terhadap hasil pengujian yang dilakukan agar dapat diketahui proses pengeringan dan waktu pengeringan yang optimal untuk menghasilkan keranjang berkualitas tinggi. Untuk mencapai tujuan penelitian, maka tahapan kegiatan yang dilakukan adalah melakukan studi literatur, melakukan tinjauan penelitian terdahulu, menyiapkan rancangan penelitian terdiri dari kerangka penelitian, penelitian pendahuluan, kriteria desain, persiapan penelitian, proses pelaksanaan penelitian, dalam pengolahan data dilakukan pengukuran dan klastering jenis serta jumlah bahan baku utama, pendukung, bahan baku kemasan Pengamatan proses pengembangan produk keranjang bambu sejak proses desain, proses produksi, proses finishig, proses pengemasan, proses distribusi Pembuatan mesin pengering atau mesin oven untuk produk keranjang bambu untuk mendukung *eco design*, dan melakukan pengujian tingkat kekeringan produk keranjang bambu.

## 2. Metodologi

Penelitian ini dilakukan pada sentra kerajinan keranjang bambu, rotan dan mendong di kawasan UKM di Kota Malang Jawa Timur. Terdapat tiga pengrajin besar di kawasan Malang dengan jumlah pekerja total 35 orang pegawai, dengan rentang usia antara 20 sampai 53 tahun, dan masa kerja lebih dari tiga tahun. Produk yang dihasilkan oleh tiga pengrajin ini berbahan baku rotan, bambu, mendong dan bahan sintesis. Namun untuk penelitian ini hanya fokus pada bahan bambu. Produk yang dihasilkan juga bervariasi diantaranya keranjang untuk kemasan makanan, keranjang parcel, kursi, lampion, sekat ruangan, bunga artificial, tempat koran, dan pernak pernik, namun untuk penelitian ini fokus pada keranjang untuk kemasan makanan. Metode penelitian dilakukan dengan cara pengamatan langsung, uji coba prototype mesin pengering, evaluasi dan pengujian setelah menggunakan oven atau mesin pengering, yang sesuai dengan kualitas yang dibutuhkan produk ekspor keranjang bambu.

Tahapan analisis dan prosedur yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah analisa data historis dimana menentukan kronologis evolusi produk keranjang bambu produksi UKM, analisis struktur untuk menganalisis komponen dan bahan penyusunnya, analisis fungsi bagaimana fungsi keranjang bambu pada umumnya, analisis ergonomis yang mengulas tentang siapa penggunanya, produk digunakan dimana, apa yang diinginkan oleh konsumen keranjang bambu, aktivitas apa saja yang bisa didukung oleh produk keranjang bambu, finishing non toxic terbaik yang seperti apa untuk pengembangan keranjang bambu, analisis pasar dimana saja produk keranjang bambu dipasarkan dan bagaimana proses distribusinya

Pada fase ke-1 disusun tahapan data awal untuk mencapai tujuan penelitian dan pelaksanaan penelitian serta komponen biaya yang dibutuhkan. Pada tahap identifikasi masalah, diperlukan pra riset untuk menjawab permasalahan yang ada, bagaimana masalah bisa timbul, dan mengapa masalah bisa terjadi. Pada identifikasi ini banyak hal dimana kebutuhan saling tumpang tindih dan adanya konflik antar *task drive*. Tahap selanjutnya adalah memperhatikan tahapan proses produksi seperti proses pemilihan bahan bambu sebagai material utama keranjang.



Penerapan ini memang tidak mudah karena produk harus dirancang untuk menyederhanakan proses produksi dan proses penganyaman. Dampak lingkungan bisa ditekan apabila material mentah yang digunakan diawetkan dengan cara-cara yang menganut progres produksi bersih, pengeringan maksimal dan penggunaan non toxic finish.

Fase pengembangan atau fase ke-2 adalah tahap analisis dimana tujuannya adalah untuk mencari solusi pada permasalahan yang dideskripsikan sebelumnya. Fase ini menggunakan sumber data foto, video, wawancara, survey, berbagai laporan dari perusahaan maupun stakeholder, artikel penelitian, untuk mendapat informasi detail penyelesaian masalah pada sistem pengeringan dan finishing keranjang bambu skala ekspor. Pada proses pengembangan berbasis lingkungan proses produksi keranjang bambu dibutuhkan data detail bahan baku, tingkat kelembapan keranjang yang diproduksi dan variasi bahan finishing yang digunakan, mengamati proses produksi, aspek administratif dan teknik dari UKM, konsumsi energi dan air yang digunakan, asal bahan baku, bagaimana pengolahan sisa bahan produksi dan bagaimana proses pembuangan sisa bahan produksi.

Fase 3 adalah melakukan pengujian-pengujian setelah proses treatment pengeringan keranjang bambu menggunakan mesin oven yang dikembangkan. Fase utama dalam Eco Design untuk pengembangan produk keranjang bambu. Tahap ini dilaksanakan setelah data dibuat sampai produk berupa produk prototipe untuk diuji kekuatan, dihitung polutan index dan dibandingkan dengan produk UKM sebelumnya, menghitung inner shipper dan outhter shipper dari produk yang dikembangkan. Merancang produk mesin oven untuk keranjang bambu yang membutuhkan proses produksi tercepat dengan demikian dapat menghemat penggunaan energi listrik dan air. Tahapan pengolahan data ini meliputi kegiatan koreksi keberhasilan penghematan waktu proses produksi, pengemasan pada produk prototipe dibandingkan produk sebelumnya dan evaluasi terpadu pada faktor finishing non toxic dibandingkan dengan produk sebelumnya.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Produk berbasis bambu mengenal dua standar yaitu ISO 22156 tentang struktur desain bambu yang membahas desain dan semua produk berbahan bambu dan ISO 22157 tentang perubahan fisik dan fungsi mekasi bambu yang membahas mengenai ketahanan kekuatan dan kelenturan bambu serta kadar air yang dikandung pada bambu. Ketentuan standar ekspor membahas kelembapan air dibawah 14%. Dengan uji gravimetri. Hasil pengujian dari prototipe mesin pengering ini sangat memuaskan karena tingkat kekeringan dari 3 sample yang dilakukan treatment berbeda. Sampel pertama menggunakan bahan bambu bilah, dikeringkan selama 1 jam mampu mencapai tingkat kekeringan 10,5%. Sample dua dikeringkan dalam waktu 30 menit mampu mencapai tingkat kekeringan 14%. Sample ketiga dikeringkan dalam waktu 15 menit mencapai 18% tingkat kadar air.

Artinya menggunakan mesin pengering, sangat optimal dari tiga kali percobaan dalam waktu 30 menit. Dengan tingkat kadar air mencapai 10,5%. 4% dibawah standar yang ditentukan, artinya sangat kering dan sangat bagus untuk proses finishing.

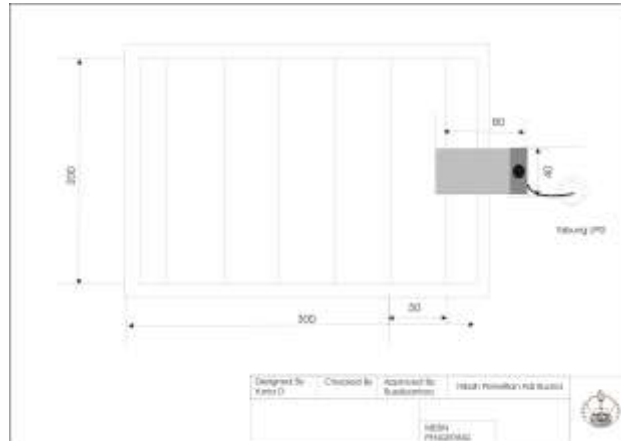
Untuk meningkatkan daya tahan dan performanya bambu dan produk dari bambu perlu diawetkan, baik dengan bahan pengawet yang bersifat kimiawi atau pun tanpa bahan kimia, dengan cara tradisional ataupun yang lebih moderen. Adapun tujuan dari pengawetan bambu adalah meningkatkan daya tahan dan waktu pemanfaatan bambu, menahan dan menunda kerusakan, mempertahankan stabilitas struktur bambu dan kekuatannya, menambah ketahanan lain misalnya lebih tahan terhadap api, meningkatkan mutu bambu secara estetika. Pada penelitian ini pengawetan bahan bambu direndam dengan fungisida organic selama minimal satu hari satu malam. Dan selanjutnya diolah dan dianyam.

Bambu adalah bahan alami yang bersifat organic. Tanpa perlakuan tertentu untuk melindunginya, daya tahan bambu akan kurang dari tiga tahun. Tidak seperti kayu keras lainnya misalnya jati atau meranti, struktur batang bambu tidak memiliki unsur toksik atau racun. Ditambah lagi dengan hadirnya unsur zat gula yang banyak terkandung dalam bambu yang

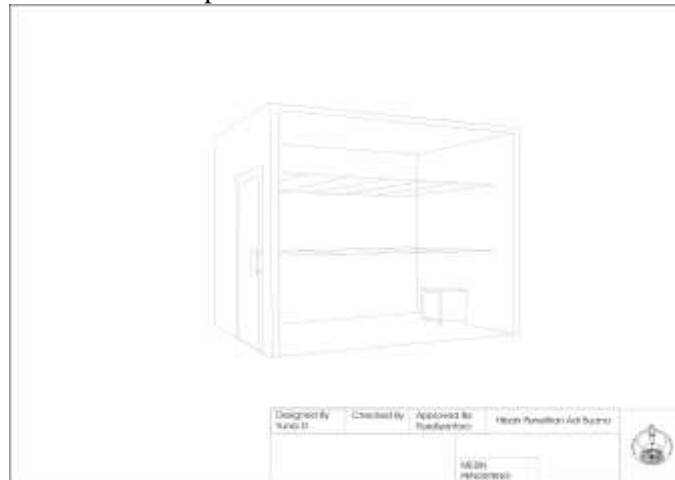


mengundang mikroorganismenya. Kerusakan biologis bambu dapat mempengaruhi kegunaan, kekuatan dan nilai bambu atau produk bambu. Kerusakan dapat mengakibatkan pelapukan, retakan atau pecah, timbulnya noda dan lobang.

Dengan demikian pengawetan sangat penting jika bambu dimaksudkan untuk keperluan struktur bangunan dimana keselamatan menjadi pertimbangan yang utama. Selain itu penggantian komponen rusak akibat tidak diawetkan akan membutuhkan waktu dan biaya. Peningkatan usia bambu karena pengawetan akan lebih menguntungkan dalam jangka panjang. Berikut adalah pengembangan produk oven bambu dengan single blower. Penambahan suhu bisa dilakukan dengan menambah jumlah blower yang sifatnya portable blower.



Gambar 1. Tampak Atas Peletakan Mesin Oven Bambu



Gambar 2. Perspektif Peletakan Mesin Oven Bambu

Mesin pengering menggunakan sistem otomatis yang dapat mengeringkan keranjang rotan dengan kapasitas besar dalam waktu singkat. Dengan daya listrik 50 watt, dan konsumsi gas lpg yang sangat irit. Casing mesin yang terbuat dari stainless steel, berfungsi untuk menahan panas agar tidak teradiasi keluar, sehingga mesin tetap dingin walaupun beroperasi lama, mudah dibersihkan dan awet. Kelebihan mesin pengering Casing stainless steel. Lebih kokoh dan mudah dibersihkan, serta dilengkapi peredam panas. Blower keong yang memiliki daya minimal 100 watt seperti yang digunakan pada umumnya. Sistem pemanas tidak menggunakan bara, tetapi menggunakan api yang hasilnya lebih panas, lebih fokus dan tidak bau gas. Lebih praktis, blower ditanam dalam satu casing. Blower tidak terpisah dengan mesin. Lebih hemat daya, apabila menggunakan pengering listrik dengan kapasitas yang sama membutuhkan daya 4000 watt.

Mesin pengering dirancang dengan sistem terbaik yang pernah ada, mesin dilengkapi thermocouple untuk mengatur pembukaan selenoid dan valve secara bergantian sehingga dijamin tidak ada gas terbunag sia-sia. Full digital otomatis sehingga mesin pengering akan coolingdown saat suhu di ruangan telah melebihi suhu yang ditentukan, dan akan heat up kembali saat suhu sudah menurun, (suhu yang ditentukan 0C - 120C ) . Mesin akan mati dengan sendirinya saat waktu timer telah habis.

### **Ucapan Terimakasih**

Terimakasih yang tidak terhingga kepada Universitas PGRI Adi Buana Surabaya yang telah mendanai penelitian dengan Skim Penelitian Unggulan Hibah Adi Buana Tahun Anggaran 2015-2016. Dengan Nomor Penugasan Penelitian 119.4/LPPM/VIII/2015

---

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Lee, Y., Sheu, L., Tsou, Y., (2008). *Quality Function Deployment Implementation Based on Fuzzy Kano Model : An Application in PLM System*, Computers & Industrial Engineering 2008.
- Putranti (2013), Model Pemetaan CSR Untuk Menunjang UKM Mendapatkan Entrepreneur Unggul dan Sustainable (Studi UKM Batik Pekalongan), Jurnal Ilmiah Serat Acyta, 2(3) hal 47-61.
- Rusdiyantoro, (2011), *Product Green Design Development to Support Green Lifecycle Engineering Manufactured in Adibuana Metalworks*, Prosiding International Conference on Creative Industry (ICCI), ISBN 978-979-781-8
- Rusdiyantoro, (2013), Pengembangan Model Pendidikan Metode *Just In Time (JIT)*, Penelitian Hibah Adi Buana 2013
- Rusdiyantoro, 2010, Pengembangan Model Integrasi *Sustainable Product Development (SPD)* Untuk Menjamin Keberlanjutan Produk, Hibah Adi Buana DIPA 2010
- Setyo Purwoto, Yunia Dwie N, (2012), Portable Compact Reactors Water Treatment Berbasis Zeolit Dan *Ion Exchange* Terpadukan Dengan *Reverse Osmosis (RO)* Guna Mengatasi Kesulitan Air Layak Minum Masyarakat Pesisir, Laporan Penelitian Strategis Nasional 2012
- WCED, (1987), *Our Common Future in The Bruntland Report*, Oxford University Press
- Yunia Dwie N, (2008), Perancangan Produk Modular Untuk mendukung Green Lifecycle Engineering dengan Algoritme Genetik, Thesis 2008
- Yunia Dwie N, (2011), Rancang Bangun Prototype Untuk Mempercepat Leadtime Pengembangan Produk Modular Serta Mendukung *Green Lifecycle Engineering*, Hibah Adi Buana DIPA 2011
- Yunia Dwie N, Rusdiyantoro , (2010) , Perancangan Green Product di Lab Sistem Manufaktur Teknik Industri, Laporan IBIKK 2010.



# MODIFIKASI TUNGKU ARANG DENGAN MENGKOMBINASIKAN MODEL EARTH MOUND KILN-DRUM KILN-RETORT KILN

**Mardiyanto, Hari Purnomo**

Program Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri  
Universitas Islam Indonesia  
Jl.Kaliurang Km 14,5 Sleman-Yogyakarta  
Email : mardiyanto@smkmbali.sch.id  
Telp.(08132812809)

## Intisari

*Tujuan penelitian ini adalah untuk membuat rancangan awal tungku pembuatan arang yang ramah lingkungan. Observasi awal dilakukan di dusun Dawung Girikerto Kecamatan Panggang Kabupaten Gunungkidul. Metode perancangan menggunakan konsep partisipatori dengan melibatkan pelaku pembuat arang tradisional, kepala dusun dan kepala desa. Hasil observasi dari pelaku pembuat arang tradisional menunjukkan bahwa pelaku pembuat arang menggunakan model tungku Eartmound Kiln. Tungku ini digemari karena mudah mengoperasikannya dan murah tetapi tungku sebenarnya mempunyai cukup banyak kelemahan, diantaranya aspek lingkungan memberikan dampak kurang baik seperti asap dan debu sisa pembakaran, aspek kesehatan pada pelaku karena asap dan debu saat membongkar, resiko terbakar karena pada saat penghentian proses pengarangan salah satunya dengan memadatkan sekat tanah diatas memakai kaki. Hasil akhir kurang dari 30 % dari material awal karena aliran udara tidak bisa diatur sehingga proses pembakaran sempurna terjadi dan banyak menjadi abu. Rancangan tungku berdasarkan konsep partisipatori disepakati model tungku usulan dengan mengkombinasikan tiga model tungku yaitu Eartmound Kiln, Drum Kiln dan Retort Kiln untuk memberikan solusi dan harapan pengguna.*

*Kata Kunci : Arang, model tungku tradisional, rancangan tungku usulan, kesehatan, resiko.*

## 1. Pendahuluan

Periode arang telah dimulai pada tahun 1840 menjadi bahan bakar utama perindustrian di Amerika (Douglas et al., 2014). Pemakaian bahan bakar arang hingga kini masih diminati kendati bahan bakar subsidi gas LPG sudah merata sampai pelosok desa. Di dunia kuliner bahan bakar arang masih menjadi primadona. Beberapa yang diproses menggunakan arang antara lain seafood, pizza, kebab, aneka roti bakar dll yang menjadi makanan trend masa kini (Kharie, 2016). Disamping kuliner, arang setelah diaktivasi menjadi arang aktif yang bermanfaat bagi kesehatan dan industri (Lembang, 2014). Pemrosesan arang lebih lanjut untuk menjadi arang aktif memberikan penambahan nilai ekonomis yang lebih tinggi, jika harga arang sebelum diproses Rp 3.500.- setelah diproses menjadi arang aktif Rp 10.000 (Kemendag, 2016)

Arang memiliki manfaat yang cukup luas dan dapat memberikan peluang usaha yang menjajikan bagi masyarakat. Kegiatan usaha arang ini didaerah tertentu merupakan usaha inti sebagai penopang kehidupan. Beberapa dusun yang telah mengembangkan usaha arang adalah Dusun Gatak I, Desa Ngestirejo, Kecamatan Tanjungsari di Kabupaten Gunungkidul (Istiqomah, 2015), dusun Gedangsari Klaten (Gedangsari, 2013), desa Lewi Malang, Tasikmalaya, Jawa Barat (Berita Daerah, 2014). Arang kayu Indonesia telah diekspor ke Arab Saudi senilai Rp 2,67 Miliar (Kemendag, 2016). Metode pembuatan arang telah berkembang cukup pesat dari tradisional



menuju industrial. Tungku produksi arang telah mengalami evolusi cukup panjang dan ada sekitar 25 model dari berbagai negara yang dikelompokkan menjadi 4 jenis tungku yaitu Earthmound Kiln, Pit Kiln, Drum Kiln dan Retort Kiln (Emrich, 1985). Berbagai penelitian telah dilakukan dalam pengembangan pembuatan arang. (Ganesan, and Nema, 2006) mendesain tungku bioarang Drum Kiln dengan model pengaturan aliran udara. Sedangkan Sumarni dan Purwanti, (2008) mendesain dengan menggunakan Retort Kiln untuk mendapatkan kinetika reaksi pembakaran dalam proses pirolisis. Desain tungku kiln untuk program lingkungan sehat dengan mengurangi asap yang di timbulkan (Gomaa and Fathi, 2000). Pada saat ini proses pembuatan arang di daerah–daerah tersebut masih sederhana dan kurang memperhatikan kesehatan dan lingkungan, sehingga perlu sentuhan teknologi untuk mengurangi dampak dari kegiatan pembuatan arang tersebut.

Berdasarkan pada permasalahan dan penelitian terdahulu, maka pada penelitian ini dilakukan untuk membuat rancangan tungku dengan pendekatan partisipatori. Rancangan dibuat dengan mengkombinasikan model Earthmound Kiln, Drum Kiln dan Retort Kiln. Hasil rancangan diharapkan dapat dijadikan sebagai solusi atas sisi kesehatan dan lingkungan dengan output proses lebih sedikit asap sehingga tidak membahayakan kesehatan pekerja serta lebih ramah lingkungan karena sedikit polutan, disamping murah dan aplikatif bagi masyarakat pedesaan.

## **2. Metode Penelitian**

### **2.1 Objek Penelitian**

Objek pada penelitian ini adalah alat produksi bioarang atau tungku bioarang. Observasi dilakukan di dusun Dawung, kelurahan Girikarto kecamatan Panggang Kabupaten Gunungkidul.

### **2.2 Data Yang Di butuhkan**

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini antara lain: 1) Data Primer, merupakan data yang diperoleh dari wawancara dan kuesioner yang disebarkan kepada pelaku produksi bioarang terhadap desain tungku bioarang yang diinginkan; 2) Data Sekunder, merupakan data yang di peroleh dengan cara mengumpulkan artikel, jurnal, buku, serta memanfaatkan media internet untuk menarik literatur literatur yang mendukung penelitian ini.

### **2.3 Populasi dan sampel**

Populasi dalam penelitian ini adalah para pelaku produksi bioarang yang ada di Kabupaten Gunungkidul dan Klaten. Jumlah pelaku pembuat arang 20 kelompok kemudian diambil 4 pelaku pembuat arang secara sampling yang dijadikan perwakilan untuk Focus Group Discussion (FGD).

### **2.4 Prosedur Penelitian**

#### **a. Tahap Persiapan**

Persiapan dalam penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut: a) Melakukan observasi awal (grand tour observation) terkait dengan objek yang akan diteliti untuk mendapatkan informasi; b) Menyiapkan alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian; c) Menyebarkan kuisisioner untuk mendapatkan informasi tentang model tungku yang diinginkan para pelaku produksi bioarang.

#### **b. Tahap Penelitian dengan Pendekatan Partisipatori**

Konsep desain yang digunakan berbasis partisipatori yang bertujuan untuk mendapatkan model tungku sesuai harapan pengguna. Partisipatori merupakan konsep yang melibatkan secara aktif pengguna untuk keberlanjutan desain (Nagamachi, 1995). Intervensi ergonomi partisipasi merupakan studi yang cukup berhasil dalam merancang sistem kerja dan cukup efektif dalam mengurangi rasa nyeri serta mengurangi beban kerja pada industri (Laing, et al. 2005). Berikut adalah tahapan penelitian yang dilakukan dengan menggunakan pendekatan partisipatori:





1. Melakukan identifikasi awal terhadap kondisi dan masalah yang berhubungan dengan desain tungku bioarang dengan cara melakukan wawancara kepada stakeholder terkait seperti pelaku produksi bioarang, masyarakat lingkungan tempat produksi terkait keadaan lingkungan akibat adanya produksi bioarang, pemuka masyarakat (kepala dusun).
2. Menjelaskan tahapan proses partisipatori yang akan dilakukan pada seluruh stakeholders untuk merancang tungku bioarang.
3. Melakukan identifikasi masalah-masalah yang ada pada tungku bioarang yang berhubungan dengan penentuan kriteria desain dengan menggunakan kuesioner terbuka yang terdiri atas beberapa item pertanyaan yang didasarkan hasil dari wawancara yang telah dilakukan sebelumnya. Kuesioner dilakukan pada stakeholder terkait seperti pelaku produksi bioarang, masyarakat lingkungan tempat produksi terkait keadaan lingkungan akibat adanya produksi bioarang, pemuka masyarakat (kepala dusun).
4. Melakukan Focus Group Discussion (FGD) tahap I dengan pihak terkait dengan model tungku, proses dan kelemahan tungku yang digunakan.
5. Melakukan pengembangan masalah yang berhubungan dengan penentuan kriteria desain tungku bioarang dengan menggunakan kuesioner terbuka dan tertutup, kuesioner tertutup dilakukan dengan menggunakan 5 skala Likert. Kuesioner disebarakan kepada stakeholder terkait seperti pelaku produksi bioarang, masyarakat lingkungan tempat produksi terkait keadaan lingkungan dengan akibat adanya produksi bioarang dan pemuka masyarakat (kepala dusun).
6. Melakukan Focus Group Discussion (FGD) tahap II untuk menentukan kriteria desain akhir yang akan digunakan untuk pengembangan desain tungku bioarang.
7. Penentuan kriteria desain akhir yang akan digunakan untuk pengembangan desain tungku bioarang.

### **3. Hasil dan Pembahasan**

#### **3.1 Observasi lapangan**

Daerah fokus penelitian adalah dusun Dawung dengan kepala dusun bapak Sukardiyo, dusun Dawung masuk daerah kelurahan Girikarto dan kecamatan Panggang Gunungkidul. Dusun Dawung dengan keadaan alam perbukitan kapur sehingga tidak ada areal persawahan, kondisi riil adalah hutan dan ladang. Dusun Dawung dengan jumlah penduduk ada 97 KK dimana mata pencaharian utama adalah petani lahan ladang karena air sangat sulit, keseharian menggantungkan dari air tadah hujan. Mata pencaharian lain adalah sebagai pengrajin arang tradisional, hampir 50% jumlah penduduk melakukan pekerjaan membuat arang secara tradisional, sehingga penelitian ini sesuai dengan keadaan tersebut.

#### **3.2 Kegiatan membuat arang tradisional**

Observasi lapangan dilakukan pada tanggal 22 Agustus 2016 di Dusun Dawung, Kecamatan Panggang, Kabupaten Gunung Kidul.





1. Model Tradisional



2. Model pintu pembakaran



3. Proses pembakaran



4. Gangguan aspek lingkungan



5. Aspek keamanan



6. Aspek kesehatan

Gambar 1. Model, proses pembuatan dan gangguan pembuatan arang

Gambar 1 merupakan model yang sering digunakan dan proses pembuatan arang serta gangguan yang terjadi. Pembuatan arang yang dilakukan warga dusun Dawung menggunakan model tungku Earthmound Kiln. Model tungku ini cukup lama digunakan warga setempat karena cukup murah bahkan tidak bermodal, tetapi tungku ini mempunyai kekurangan yang antara lain: (1) aliran udara tidak bisa dikontrol sehingga mempengaruhi hasil akhir (rendemen), (2) asap yang banyak, (3) debu yang berbahaya (4) persiapan cukup lama (5) material harus cukup kering.

### 3.3 Focus Group Discussion (FGD) tahap I

FGD dilakukan di Dusun Dawung dengan peserta empat pelaku pembuatan arang, kepala dusun dan Kepala Desa. Diskusi membahas masalah proses pembuatan arang dan dampak negatif yang terjadi. Hasil FGD terkait dengan dampak negatif adalah sebagai berikut:

1. Polusi asap mengganggu tapi karena biasa melakukan maka hal ini tidak menjadi pemikiran bagaimana efek terhadap kesehatan
2. Model tungku eartmound kiln meninggalkan banyak debu sehingga cukup mempengaruhi lingkungan sebagai polutan, asap yang banyak dan limbah sisa pembungkus tungku cukup mengganggu lingkungan
3. Pada saat proses pembakaran asupan udara tidak bisa dikontrol sehingga mempengaruhi hasil akhir, hal ini mengakibatkan material kayu banyak yang terbakar sempurna menjadi abu sehingga saat dipanen abu ini menjadi polutan berbahaya terhadap pernafasan
4. Tungku eartmound kiln sukar dikontrol aliran udaranya sehingga banyak material yang mengalami pembakaran sempurna menjadi abu sehingga abu ini membahayakan pernafasan saat dibongkar. Asap yang banyak dapat membahayakan pernafasan pekerja dan pada saat pemadaman karbonasi/pengarangan sering menggunakan kaki untuk memadatkan tanah isolator, hal ini cukup berbahaya jika kaki terperosok sehingga bisa terbakar.
5. Material harus kering sehingga waktu persiapan pembakaran lama dan sering terjadi gagal jika terlalu basah
6. Proses pembakaran relatif lama rata-rata 3 hari dan tergantung volume material yang diproses
7. Proses penumpukan material untuk persiapan pembakaran cukup lama bisa sampai sehari penuh dan tergantung volume material.
8. Material pendukung untuk membuat tembok penutup terbatas sehingga mempengaruhi kontinuitas proses.

### 3.4 Focus Group Discussion (FGD) tahap II

FGD tahap II difokuskan pada rencana pembuatan tungku berdasarkan pada usulan para pelaku pembuat arang. FGD tahap II, melibatkan lima pelaku pembuatan arang dengan tokoh masyarakat. Hasil FGD tahap II yang berupa usulan dan rencana perbaikan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Harapan pengguna dan usulan perbaikan

Harapan pengguna	Usulan perbaikan
1 Mudah dioperasikan	Perbaikan model tungku
2 Murah membuat tungku	Menggunakan material bekas
3 Hasil produk bagus	Proses pembakaran bisa diatur
4 Multi guna	Proses basah dan kering
5 Proses cepat	Model tungku memberikan kemudahan inisiasi pembakaran
6 Asupan udara bisa dikontrol	Pintu pembakaran bisa diatur aliran udaranya
7 Bisa ditinggal untuk kerja	Keamanan pintu pengatur asupan bisa dikontrol

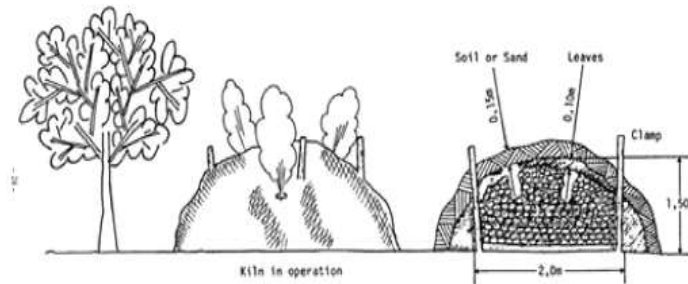
Berdasarkan hasil FGD diusulkan model tungku yang merupakan kombinasi tiga model tungku yaitu eartmound kiln, drum kiln dan retort kiln. Berbagai model yang dijadikan kombinasi model tungku baru dijelaskan sebagai berikut.

1. Model Eartmound Kiln (Emrich, 1985).

Model Eartmound kiln banyak digunakan didaerah Afrika, menggunakan bumi untuk isolasi proses karbonasi dengan inisiasi pembakaran ada di dasar tungku. Mudah dan murah



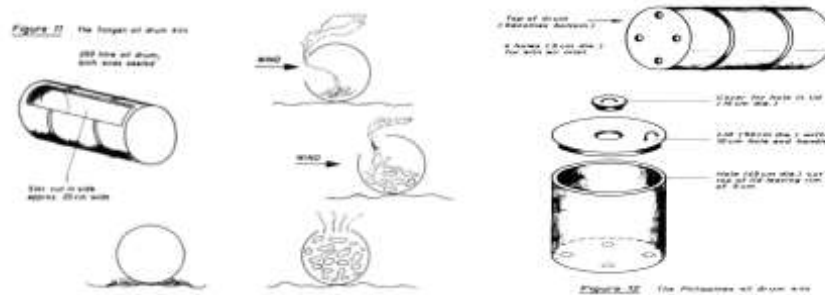
sehingga menjadi pilihan bagi pelaku dengan tingkat pendidikan rendah tetapi aspek pada lingkungan dan kesehatan tidak diperhitungkan. Model Eartmound Kiln ditunjukkan seperti pada Gambar 7 berikut.



Gambar 7. Model Eartmound Kiln

2. Drum Kiln (Emrich, 1985).

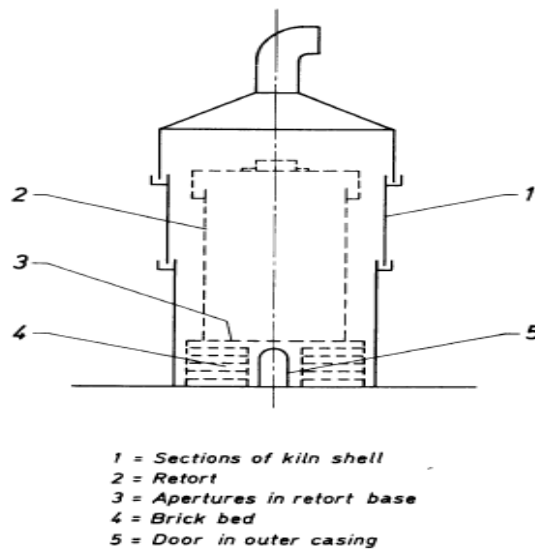
Drum Kiln banyak digunakan di Negara-negara yang sudah berkembang industrinya. Limbah industri drum mempunyai banyak kegunaan salah satunya dipakai sebagai tungku proses pembuatan arang. Drum kiln mudah, murah, gampang dipindah-pindah dan rendemen cukup bagus, tetapi kekurangannya adalah material ukuran harus disesuaikan dengan ukuran drum, drum hanya bertahan sekitar 6 bulan (keropos), pada saat pendinginan arang drum bawah kontak dengan tanah menyebabkan terjadinya penyerapan uap air (absorpsi uap air ) dan menurunkan kualitas arang. Model Drum Kiln ditunjukkan seperti pada Gambar 8.



Gambar 8. Model Drum Kiln

3. Retort Kiln (Emrich, 1985).

Retort Kiln ditemukan beberapa tahun setelah perang dunia kedua dan dikembangkan di negara Amerika. Proses cukup efisien dengan hasil cukup maksimal, model tungku dengan susunan seperti dandang diperlukan derek untuk mengangkutnya, inisiasi pembakaran dari bawah retort dan tungku bagian bawah dilubangi untuk memberikan aliran udara dan pada saatnya lubang ini ditutup dengan tanah liat untuk menghentikan proses pembakaran berlangsung sehingga proses pengarangan berjalan sesuai harapan. Model Retort Kiln ditunjukkan seperti pada Gambar 9.



Gambar 9. Model Retort Kiln

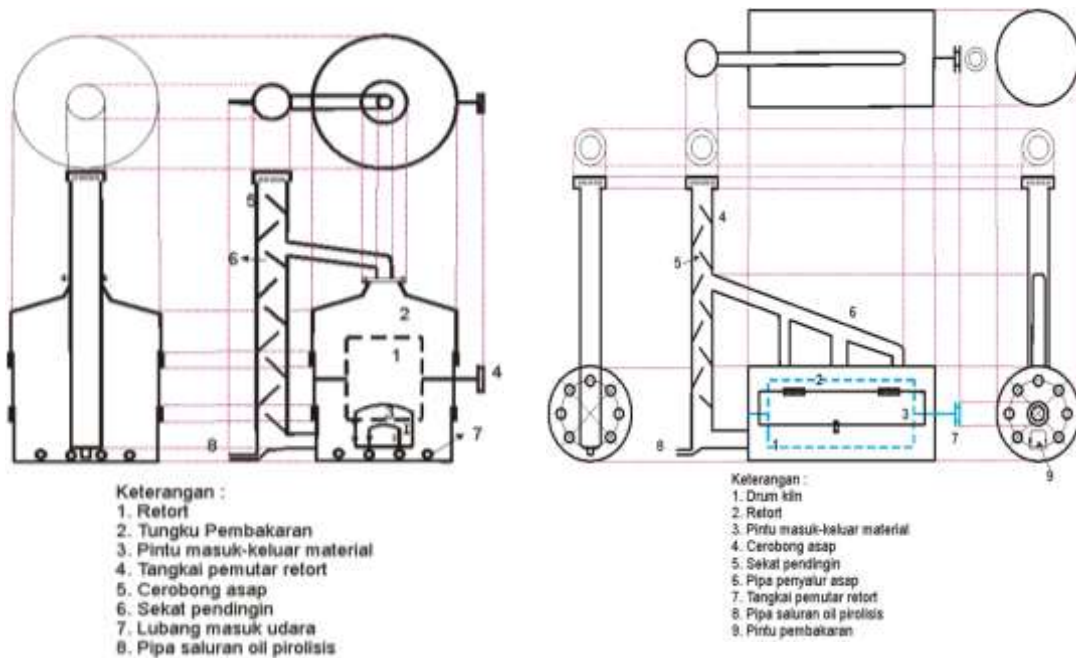
### 3.5 Korelasi desain tungku dengan harapan pengguna

Desain tungku hasil FGD merupakan kombinasi dari tiga tungku yang digunakan memenuhi harapan pengguna. Dibawah ini matriks korelasi antara karakteristik desain tungku dan harapan pengguna :

Tabel 2. Harapan pengguna dan karakteristik desain tungku

Harapan Pengguna	Karakteristik Desain Tungku
1. Mudah dioperasikan	Desain sederhana
2. Murah membuat tungku	Dibuat dari barang bekas (drum oli, pipa bekas)
3. Hasil produk bagus	Desain tungku dengan pengatur aliran udara
4. Multi guna	Desain dengan retort bisa proses basah dan kering
5. Proses cepat	Desain tungku dilengkapi pemutar retort untuk pemerataan inisiasi pembakaran
6. Asupan udara bisa dikontrol	Desain tungku dengan pengatur aliran udara
7. Bisa ditinggal untuk kerja	Desain tungku dengan pengatur aliran udara

Berdasarkan korelasi harapan pengguna dan desain tungku, maka model tungku usulan ditunjukkan pada Gambar 10 berikut.



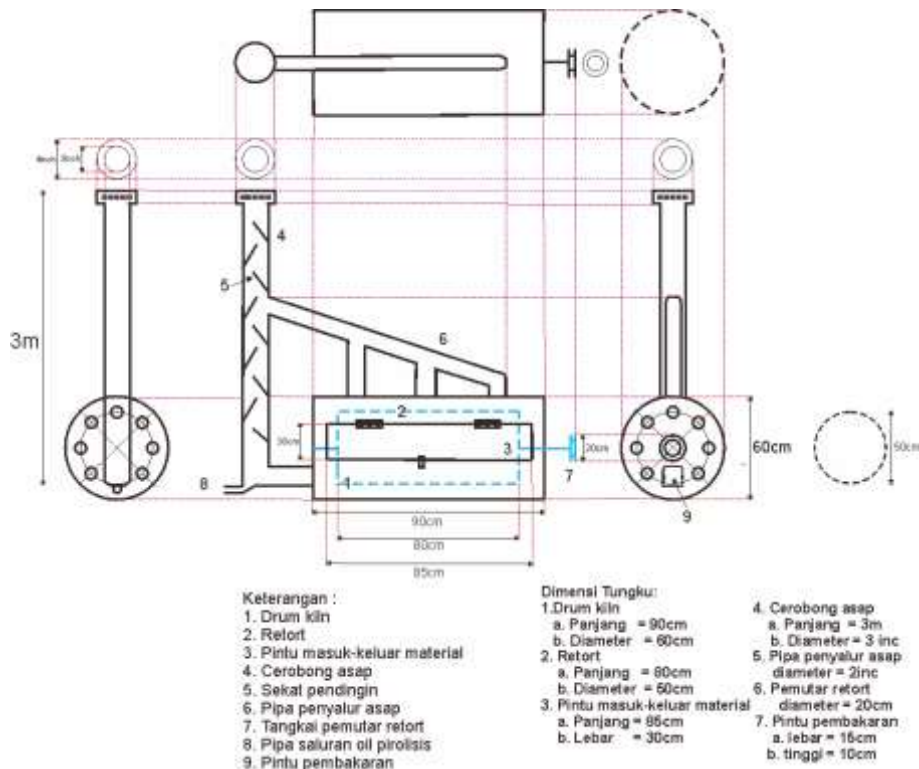
Model Tungku 1

Model Tungku 2

Gambar 10. Model tungku usulan

Pada Gambar 5 dapat dijelaskan bahwa model tungku 1 dengan drum berdiri yang didesain dandang bertingkat. Model ini memasukan material dari atas sehingga memerlukan derek untuk menutupnya. Bagi kalangan masyarakat kurang diminati karena unsur kemudahan penggunaan dan nilai ekonomis rendah. Model tungku 1 ini retort bisa diputar untuk mendapatkan pemerataan inisiasi pembakaran dan dimungkinkan proses lebih cepat dibandingkan tungku tradisional dan pengaturan aliran udara cukup efektif serta proses bisa ditinggal untuk kerja ladang. Sedangkan model tungku 2 drum dalam posisi rebah dengan prinsip proses pengarangan sama dengan model tungku 1. Kelebihan tungku 2 lebih mudah mengoperasikannya karena tidak memerlukan derek untuk menutupnya. Cara memasukan material lebih mudah karena pintu mudah dijangkau dan cara memanennya juga relatif mudah. Biaya pembuatan murah dan tidak memerlukan derek untuk mengoperasikan. Tungku model 2 sangat diminati oleh pengguna karena relevansi dengan harapan cukup besar. Dengan demikian direkomendasikan model tungku 2 sebagai rancangan yang akan diimplementasikan. Dimensi model tungku 2 ditunjukkan seperti pada Gambar 11





Gambar 11. Dimensi model tungku 2

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil observasi dan FGD dapat disimpulkan bahwa model tungku lama kurang diminati oleh para pelaku pembuat arang dan banyak mengandung risiko kecelakaan serta mengganggu polusi udara. Usulan model yang disepakati dari FGD adalah model kombinasi dari tiga model yaitu model Eartmound Kiln, Drum Kiln dan Retort Kiln. Penggabungan dari tiga model diharapkan dapat menjawab permasalahan-permasalahan para pembuat arang agar tungku yang digunakan mudah dioperasikan, murah, hasil produk bagus, multi guna, proses cepat dan asupan udara bisa dikontrol.

#### DaftarPustaka

- Berita Daerah, 2014., Permintaan arang meningkat. Diakses 22 Juni 2016. Tersedia di <http://beritadaerah.co.id/2014/09/17/permintaan-arang-meningkat-di-tasikmalaya>.
- Douglas H., P., Sarah E., P., Thomas J., S. 2014. Charcoal production in Tooele County, Utah a historical record of a forgotten industry, Tooele County Historical Society Tooele, Utah Special Publication 1September.
- Emrich, W., 1985. Handbook of charcoal making., series E vol.7., energy from biomass., solar energy R & D in the European community. D.Reidel Publishing Company.
- Ganesan, S., Nema, B.P. 2006. Charcoal making from agricultural residues. Principal Scientists, Central Institute of Agricultural Engineering, Berasia Road, Bhopal-462038, India.
- Gedangsari, 2013.,Produksi arang kayu laris manis. Diakses tanggal 22 Juni 2016. Tersedia di <http://www.gedangsari.com/produksi-arang-kayu-laris-manis-di-pasar>.
- Gomaa, H., Fathi, M., 2000.A simple charcoal kiln for hardwoods or other dense biomass. ICEHM2000, Cairo University, Egypt, p. 167- 174.
- Istiqomah, K. 2015. Permintaan arang membuat hidup tak mudah patah, Bisnis.com.JIBI Harian Jogja.
- Kemendag .2016. Berita perdagangan, kementerian perdagangan negara republik Indonesia. Diakses 22 Juni 2016. Tersedia di <http://www.kemendag.go.id/id/search>.



- Kharie, A., 2016. Buku besar masakan. Cipedak Jagakarsa jakarta selatan :PT. Agromedia Pustaka.
- Laing, A.C., Frazer, B.M, Cole, D.C., Kerr, M.S., Well, R.P. and Norman, R.W. 2005. Study of the effectiveness of a participatory ergonomic intervention in reducing worker pain severity through physical exposure pathways. *International journal of ergonomic*, 48 (2,2) :150-170.
- Lempang, M., 2014. Pembuatan dan kegunaan arang aktif, Balai Penelitian Kehutanan Makassar, Info Teknis EBONI Vol. 11 No. 2,p. 65 – 80
- Nagamachi, M. 1995. Requisites and practice of participatory ergonomic. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 15(5) : 371-377
- Sumarni, Purwanti, A., 2008. Kinetika reaksi pirolisis plastik low density poliethylene (ldpe). *Jurnal Teknologi*, Vol. 1 No. 2.p. 135 -140.





## Kaji Experimental Pemanfaatan Air Kondesat Pengkondisi Udara Sebagai Pendingin *Discharge* Kompresor

Tandi Sutandi<sup>1</sup>, Susilawati<sup>1</sup>, Sumeru<sup>1\*</sup>  
Departemen Teknik Refrigerasi & Tata Udara  
Politeknik Negeri Bandung  
Jl. Gegerkalong Hilir, Ciwaruga Bandung 40012  
Telp. 022 - 2013789  
\*E-mail: sumeru84@gmail.com

### Intisari

Beberapa metode telah dikembangkan oleh para ahli untuk meningkatkan kinerja pengkondisi udara (AC). Tujuan utama peningkatan kinerja adalah untuk mengurangi konsumsi energi listrik oleh AC, mengingat konsumsi energi oleh AC pada suatu gedung lebih dari 50%. Pada penelitian ini akan dilakukan uji eksperimental pemanfaatan air kondensat yang dihasilkan oleh evaporator untuk mendinginkan temperatur discharge kompresor. Secara teoritis, penurunan temperatur discharge kompresor akan menurunkan konsumsi energi listrik oleh kompresor, sehingga mengakibatkan peningkatan coefficient of performance (COP) dari AC. Pengujian dilakukan dengan melakukan pengukuran parameter-parameter pada AC sebelum dan setelah menggunakan air kondensat sebagai pendingin. Pengujian dilakukan pada AC berkapasitas kompresor sebesar 1 HP (0.75 kW) yang menggunakan refrigeran R22. Berdasarkan pengujian didapat bahwa setelah digunakan air kondensat sebagai pendingin, konsumsi daya listrik turun sebesar 6.3%. Penggunaan air kondensat juga menurunkan temperatur keluaran kondenser, sehingga dapat menyebabkan subcooling. Adanya subcooling dapat meningkatkan kapasitas pendinginan. Hasil percobaan menunjukkan bahwa penurunan temperatur keluaran kondenser adalah 1.7°C.

*Kata Kunci:* Air kondensat, pengkondisi udara, evaporator, daya input, COP.

### 1. Pendahuluan

Selama ini air kondensat yang dihasilkan oleh evaporator dibuang begitu saja melalui saluran *drain* pada evaporator. Temperatur evaporator pada pengkondisi udara pada umumnya adalah 5°C, dimana temperatur ini di bawah temperatur pengembunan udara di dalam ruangan yang dikondisikan. Oleh karena temperatur permukaan pipa evaporator lebih rendah dari temperatur pengembunan udara di sekitarnya maka akan menyebabkan pengembunan pada permukaan pipa evaporator. Laju pengembunan pada pipa evaporator dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain adalah dari kapasitas pendinginan AC, temperatur evaporator dan temperatur udara pada ruangan yang dikondisikan (Arora, 2001). Oleh karena air kondensat hasil pengembunan udara di dalam ruangan yang diembunkan oleh pipa evaporator, maka temperatur air kondensat di atas temperatur permukaan pipa evaporator dan di bawah temperatur udara ruangan yang dikondisikan.

Dibandingkan dengan temperatur *discharge* kompresor, temperatur air kondensat jauh lebih rendah. Tabel 1 menunjukkan temperatur *discharge* kompresor pada pengkondisi udara yang beroperasi pada temperatur evaporasi 5°C dan temperatur kondensasi 45°C untuk berbagai jenis refrigeran yang digunakan sebagai fluida kerja. Penentuan temperatur *discharge* kompresor pada Tabel 1 adalah dengan mengasumsikan efisiensi isentropik kompresor ( $\eta_{comp}$ ) adalah 0.6, 0.65 dan 0.70 (Qi, 2015).



Tabel 1. Temperatur *discharge* kompresor pada pengkondisi udara untuk berbagai jenis refrigeran (Lemmon et al., 2013)

Refrigeran	Temperatur <i>Discharge</i> (°C)		
	$\eta_{comp} = 0.60$	$\eta_{comp} = 0.65$	$\eta_{comp} = 0.70$
R22	83.0	79.0	75.6
R290	63.1	60.4	58.1
R404A	61.4	59.1	57.2
R407C	73.3	69.9	67.0
R410A	81.4	78.1	75.2

Pada Tabel 1 terlihat bahwa temperatur *discharge* kompresor akan menurun dengan meningkatnya efisiensi isentropik kompresor. Atau dengan kata lain, semakin rendah temperatur *discharge* akan menaikkan efisiensi isentropik kompresor. Meningkatnya efisiensi isentropik kompresor akan menurunkan kerja kompresor untuk rasio kompresi yang sama. Pada tabel tersebut juga terlihat bahwa R22 memiliki temperatur *discharge* yang paling tinggi dibandingkan dengan refrigeran lainnya. Hal ini secara tidak langsung menunjukkan bahwa pemanfaatan air kondensat sebagai pendingin *discharge* pada R22 memiliki potensi peningkatan kinerja yang paling tinggi dibandingkan dengan refrigeran lainnya.

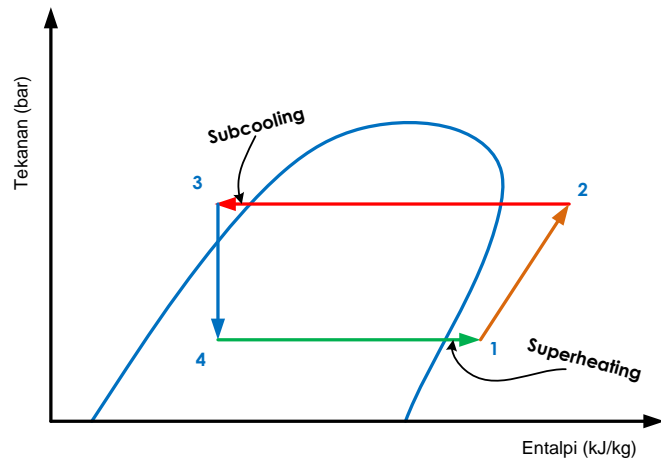
Beberapa landasan teoritis yang menjadi alasan mengapa penggunaan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor dapat meningkatkan kinerja pengkondisi udara adalah: 1. Dengan turunnya temperatur *discharge* kompresor maka akan menaikkan efisiensi isentropik kompresor; 2. Karena sebagian kalor telah diserap oleh air kondensat, maka pembuangan kalor oleh kondenser akan berkurang, sehingga menyebabkan *subcooling* pada keluaran kondenser; 3. Adanya *subcooling* akan menyebabkan peningkatan kapasitas pendinginan karena kualitas refrigeran yang masuk ke dalam evaporator akan lebih kecil (Minh et al., 2006; Mastrullo et al., 2007; Pottker and Hrnjak, 2012); 4. Turunnya temperatur *discharge* akan menyebabkan turunnya tekanan *discharge* kompresor, sehingga akan menurunkan rasio kompresi. Dengan turunnya rasio kompresi, menurun juga daya input kompresor. Meningkatnya kapasitas pendinginan dan menurunnya daya input kompresor akan menaikkan *coefficient of performance* (COP) pengkondisi udara (Pottker and Hrnjak, 2015).

Pada penelitian ini akan dikaji peningkatan kinerja pengkondisi udara menggunakan R22 sebagai fluida kerja dengan kapasitas kompresor sebesar 1 HP (0.75 kW). Berdasarkan penelusuran literatur oleh penulis, belum ditemukan makalah atau paper yang membahas tentang metode peningkatan kinerja pengkondisi udara menggunakan air kondensat dari evaporator.

## 2. Metodologi

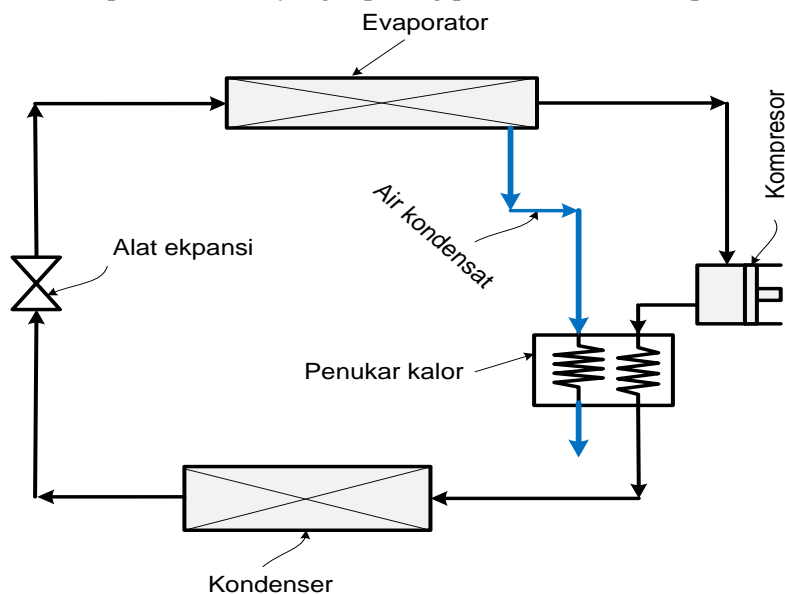
Pengkondisi udara yang digunakan pada penelitian ini menggunakan sistem refrigerasi siklus kompresi uap. Siklus refrigerasi kompresi uap bila digambarkan pada diagram P-h (pressure-enthalpi) terlihat pada Gambar 1. Pada siklus sederhana, kondisi *suction* (titik 1) terletak pada garis saturasi *vapor*, sedangkan keluaran kondenser terletak pada garis saturasi liquid (titik 3). Pada siklus aktual, posisi titik 1 menjadi pada daerah *superheat* dan titik 3 terletak pada daerah *subcooled*. Tujuan dari *superheating* adalah untuk menjamin fasa refrigeran yang masuk ke dalam *suction* kompresor pada kondisi gas, sedangkan tujuan *subcooling* adalah untuk meningkatkan kapasitas pendinginan. Kondisi *discharge* kompresor pada Gambar 1 terletak pada titik 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa titik 2 memiliki temperatur tertinggi dibandingkan dengan titik-titik lainnya.





Gambar 1. Siklus pengkondisi udara pada diagram P-h.

Gambar skematik pemanfaatan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor terlihat pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa digunakan penukar kalor untuk mendinginkan *discharge* kompresor oleh air kondensat. Air kondensat dari evaporator dialirkan dengan pipa melewati penukar kalor yang dipasang pada *discharge* kompresor.



Gambar 2. Gambar skematik pemanfaatan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

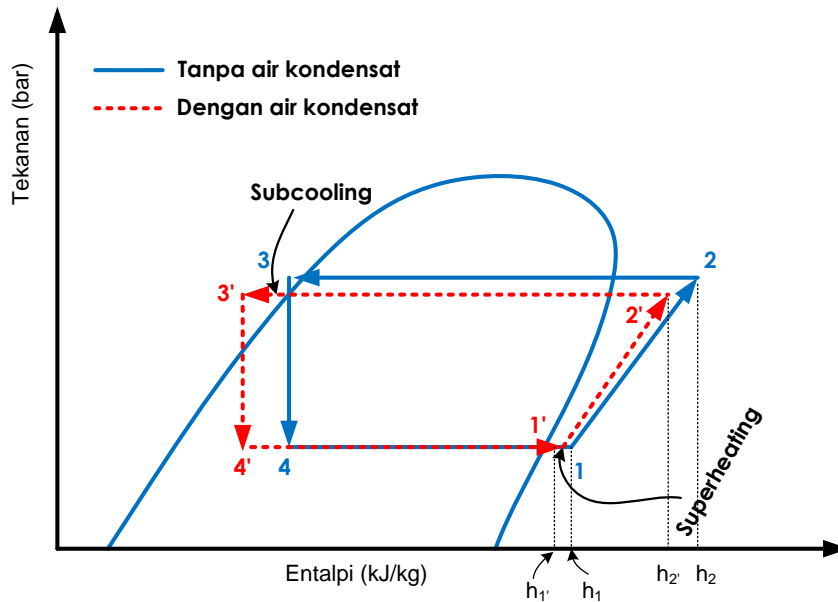
Pada penelitian ini, air kondensat yang dihasilkan oleh evaporator dilewatkan pada pipa *discharge*. Kontak langsung antara air kondensat dengan pipa tembaga diharapkan akan menurunkan temperatur *discharge* kompresor. Untuk mendapatkan kinerja pengkondisi udara, parameter-parameter yang diukur pada penelitian ini antara lain adalah:

1. Temperatur *discharge* kompresor
2. Temperatur keluaran kondenser
3. Temperatur keluaran kondenser
4. Tekanan *discharge* kompresor
5. Tekanan *suction* kompresor
6. Arus listrik pada kompresor

7. Tegangan listrik pada kompresor

Parameter-parameter tersebut di atas dilakukan pengukuran pada saat tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin temperatur *discharge*. Pengambilan data dilakukan pada temperatur lingkungan yang sama dan pengaturan temperatur *indoor* yang sama pula. Selanjutnya, pengambilan data dilakukan pada kondisi *steady state*, dan dilakukan pencatatan tiap 10 menit selama 100 menit.

Secara teoritis, perubahan siklus pengkondisi udara akibat pemanfaatan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor terlihat seperti pada Gambar 3. Pada gambar tersebut terlihat bahwa selain terjadi penurunan temperatur *discharge* juga terjadi subcooling pada sistem. Adanya subcooling akan menaikkan kapasitas pendinginan. Pada penelitian ini peningkatan kapasitas pendinginan tidak diamati oleh karena alat pengujian tidak dilengkapi pengukur laju aliran massa refrigeran.



Gambar 3. Siklus pengkondisi udara pada diagram P-h tanpa dan dengan menggunakan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk mengevaluasi keuntungan penggunaan air kondensat adalah sebagai berikut:

$$W_{comp} = I.V \tag{1}$$

$$W_{comp\_imp} = \frac{W_{comp\_dgn} - W_{comp\_tpn}}{W_{comp\_tpn}} \tag{2}$$

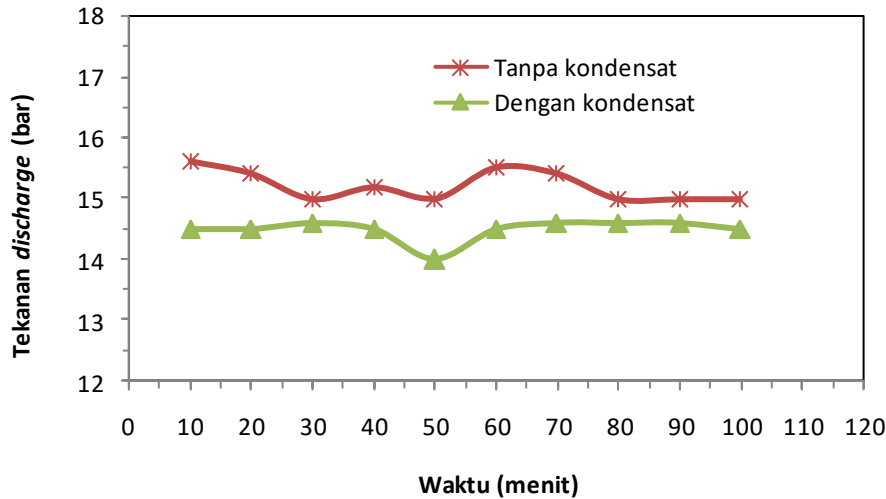
$$RK_{comp} = \frac{P_{disc}}{P_{suct}} \tag{3}$$

di mana  $W_{comp}$  adalah daya input kompresor,  $W_{comp\_imp}$  adalah persentase penurunan konsumsi daya input kompresor dengan menggunakan air kondensat,  $RK$  adalah perbandingan tekanan *discharge* ( $P_{disc}$ ) dengan tekanan *suction* ( $P_{suct}$ ).



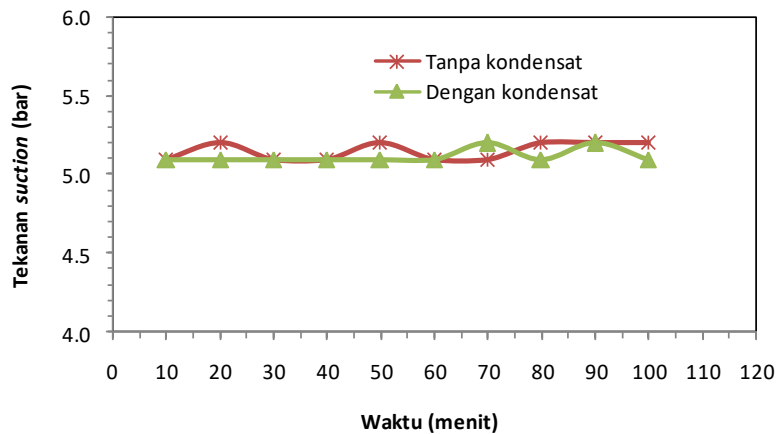
### 3. Hasil dan Pembahasan

Efek langsung yang dirasakan pada sistem akibat pemanfaatan air kondensat pada *discharge* kompresor adalah turunnya tekanan *discharge*. Turunnya tekanan *discharge* kompresor akan berdampak langsung dengan konsumsi daya input kompresor. Gambar 4 menampilkan perbandingan tekanan *discharge* kompresor pada saat tanpa dan dengan menggunakan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor. Pada gambar terlihat bahwa tekanan *discharge* kompresor tanpa pendingin air kondensat selalu lebih tinggi dibanding dengan menggunakan pendingin air kondensat. Penurunan tekanan *discharge* kompresor akan diikuti naiknya efisiensi isentropik kompresor. Namun pada penelitian ini tidak dapat dilakukan pengukuran nilai efisiensi isentropik kompresor.



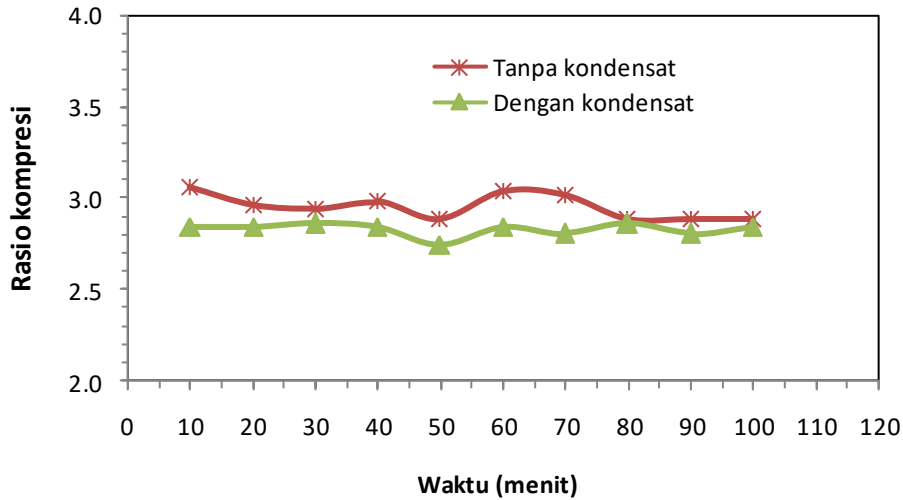
Gambar 4. Tekanan *discharge* kompresor pada pengkondisi udara tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

Pada penelitian ini juga didapatkan data bahwa penggunaan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor tidak berpengaruh pada tekanan *suction*, seperti yang terlihat pada Gambar 5. Pada gambar tersebut terlihat bahwa tekanan *suction* tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor relatif sama. Meskipun terjadi fluktuasi nilai, namun fluktuasi tidak lebih dari 0.01 bar. Tekanan *suction* menggambarkan temperatur evaporasi pada pengkondisi udara. Dengan kata lain penggunaan air kondensat tidak berpengaruh pada temperatur evaporasi pengkondisi udara.



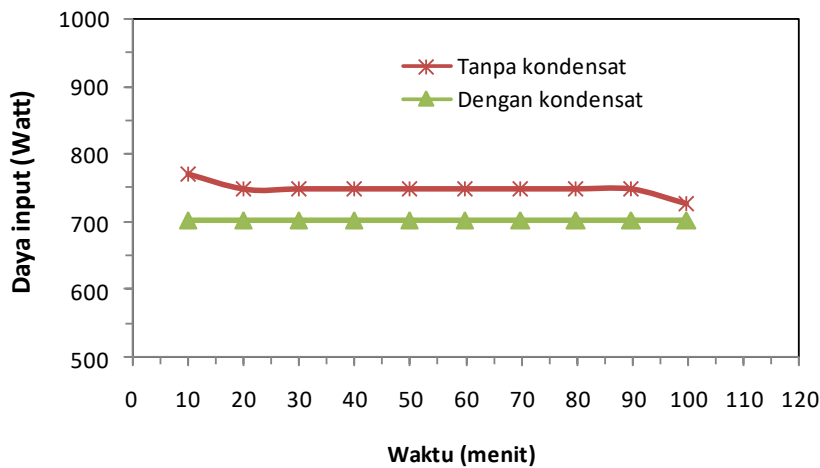
Gambar 5. Tekanan *suction* kompresor pada pengkondisi udara tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

Dampak dari turunnya tekanan *discharge* dan konstannya tekanan suction kompresor akan menurunkan rasio kompresi kompresor. Perhitungan rasio kompresi menggunakan persamaan (3). Pada Gambar 6 terlihat bahwa rasio kompresi tanpa pendingin air kondensat selalu lebih rendah dari menggunakan air kondensat selama 100 menit pengambilan data. Penurunan rasio kompresi akan berdampak penurunan daya input kompresor. Seperti yang terlihat seperti Gambar 3, yaitu nilai  $(h_2' - h_1')$  lebih kecil dari  $(h_2 - h_1)$ . Nilai  $(h_2' - h_1')$  dan  $(h_2 - h_1)$  merepresentasikan kerja kompresi.



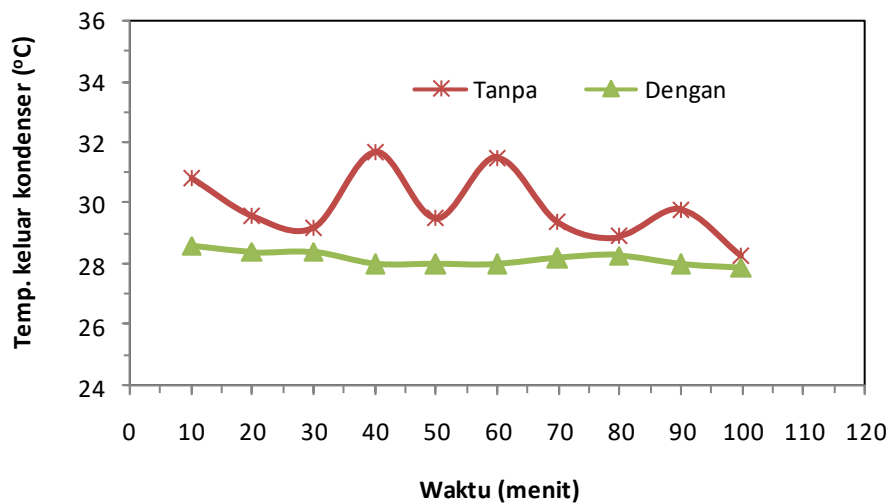
Gambar 6. Rasio kompresi pada pengkondisi udara tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

Pada penelitian ini, pengukuran daya input dilakukan dengan pengukuran arus listrik dan tegangan listrik pada kompresor. Dengan menggunakan persamaan (1), daya input dapat dihitung. Daya input kompresor akibat penggunaan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor terlihat pada Gambar 7. Dapat dilihat pada gambar tersebut bahwa daya input kompresor menggunakan air kondensat selalu lebih rendah dari tanpa menggunakan pendingin air kondensat. Daya input rata-rata selama 100 menit pengukuran untuk sistem tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor adalah 748 Watt dan 704 Watt. Menggunakan persamaan (2), persentase penurunan daya input akibat penggunaan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor adalah 6.3%.



Gambar 7. Daya input kompresor pada pengkondisi udara tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

Selain akan menurunkan daya input, penggunaan pendingin air kondensat pada *discharge* kompresor juga akan meningkatkan daya pendinginan yang disebabkan adanya *subcooling* pada keluaran kondenser. Adanya *subcooling* ditandai dengan turunnya temperatur refrigeran pada keluaran kondenser. Temperatur keluaran kondenser pada pengkondisi udara tanpa dan dengan menggunakan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor terlihat pada Gambar 8. Pada gambar terlihat bahwa temperatur keluaran kondenser tanpa pendingin air kondensat berfluktuasi, sedangkan temperatur keluaran kondenser menggunakan air kondensat sebagai pendingin lebih stabil, dan selalu lebih rendah dari temperatur keluaran kondenser tanpa menggunakan pendingin air kondensat. Temperatur keluaran kondenser rata-rata tanpa dan dengan pendingin air kondensat adalah 29.9°C dan 28.2°C. Artinya, penggunaan air kondensat sebagai pendingin *discharge* akan menyebabkan *subcooling* sebesar 1.7°C. Peningkatan kapasitas pendinginan akibat *subcooling* sebesar 1.7°C pada pengkondisi udara menggunakan R22 sebagai refrigeran yang beroperasi pada temperatur kondensasi dan evaporasi 40°C dan 5°C bila dibandingkan dengan siklus sederhana adalah sebesar 1.4% (Lemmon, 2013).



Gambar 8. Temperatur keluaran kondenser pada pengkondisi udara tanpa dan dengan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Penelitian ini telah membuktikan bahwa berdasarkan hasil eksperimen didapat bahwa pemanfaatan air kondensat akan menaikkan kinerja pengkondisi udara. Penggunaan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor dapat menurunkan tekanan *discharge*, menurunkan rasio kompresi, menurunkan daya input kompresor dan menyebabkan *subcooling*. Penurunan daya input adalah 6.3% sedangkan peningkatan kapasitas akibat *subcooling* sebesar 1.4%.

Kuantitas kapasitas pendinginan pada penelitian ini tidak dapat dihitung secara akurat karena alat uji tidak dilengkapi alat mengukur laju aliran massa refrigeran. Untuk itu disarankan pada penelitian lanjutan untuk menggunakan alat pengukur laju aliran massa refrigeran. Bila diketahui secara akurat besarnya kapasitas pendinginan maka akan didapat pula persentase kenaikan COP akibat pemanfaatan air kondensat sebagai pendingin *discharge* kompresor.

### Daftar Pustaka

- Arora, C.P., 2001, *Refrigeration and air conditioning*, 2<sup>nd</sup> ed., McGraw-Hill, Inc., Singapore.
- Lemmon, E.W., Huber, M.L., and McLinden, M.O., 2013, Reference fluid thermodynamic and transport properties (REFPROP), NIST Standard Reference Database 23, v.9.1, *National Institute of Standards 2013*, Gaithersburg MD, USA.
- Mastrullo, R., Mauro, Tino, S. and Vanoli, G.P., 2007, A chart for predicting the possible advantage of adopting a suction/liquid heat exchanger in refrigerating system, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 27 pp. 2443-2448.
- Minh, N.Q., Hewitt, N.J. and Eames, P.C., 2006, Improved vapour compression refrigeration cycles: Literature review and their application to heat pumps, *In: International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, Purdue University, July 17-20, pp. 1-8, R031.
- Pottker, G. and Hrnjak, P., 2012, Effect of condenser subcooling of the performance of vapor compression systems: Experimental and numerical investigation, *In: International Refrigeration and Air Conditioning Conference*, Purdue University, July 16-19, pp. 1-10, R031.
- Pottker, G. and Hrnjak, P., 2015, Experimental investigation of the effect condenser subcooling in R134a and R1234yf air-conditioning systems with and without internal heat exchanger, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 50 pp. 104-113.
- Qi, Z., 2015, Performance improvement potential of R1234yf mobile air conditioning system, *International Journal of Refrigeration*, Vol. 58 pp. 35-40.





## Pengembangan Sistem Desain dan Manufaktur Batik dengan Bantuan Feature Motif

M. Arif Wibisono<sup>1</sup>, Ivan Pratama<sup>2</sup> dan Prihanto Sanjaya<sup>3</sup>

<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada  
E-mail: arifwibisono@ugm.ac.id, arbisonet@yahoo.com

### Intisari

Dalam memenuhi kebutuhan pelanggan akan batik tulis yang semakin bervariasi telah dilakukan beberapa penelitian mengenai pengembangan metode desain batik tulis menggunakan komputer dan juga manufaktur batik tulis menggunakan mesin CNC. Namun, penelitian mengenai metode desain batik tulis yang selama ini dikembangkan hanya dapat menghasilkan output dalam bentuk raster sehingga belum dapat diteruskan ke proses manufaktur menggunakan mesin CNC. Agar dapat diteruskan ke proses manufaktur menggunakan mesin CNC maka metode desain harus dapat menghasilkan output berupa G-code. Pengembangan sistem desain dan manufaktur batik diwujudkan sebuah software yang dapat digunakan untuk mendesain batik tulis yang mampu menghasilkan output berupa G-code sehingga dapat langsung diteruskan untuk proses manufaktur menggunakan mesin CNC. Software yang dikembangkan dilengkapi feature motif yang merupakan motif-motif batik yang dibangun dengan menggunakan kurva bezier untuk membantu user dalam proses desain batik dan data pada proses pembuatan G-code. Software dikembangkan menggunakan beberapa bahasa pemrograman yaitu HTML, Javascript, dan PHP sehingga dapat digunakan pada browser menggunakan XAMPP sebagai local server. Hasil G-code dari software yang dikembangkan telah tervalidasi saat diproses menggunakan mesin CNC karena telah berhasil menggambarkan pola motif sesuai pada desain. Pengujian juga telah dilakukan dengan membandingkan waktu proses pada pematikan tulis manual. Berdasarkan pengujian menggunakan motif garuda, penggunaan software yang dikembangkan dapat menurunkan waktu persiapan hingga 80% karena tidak melalui proses penjiplakan motif.

*Kata Kunci: Batik Tulis, Feature Motif, G-code, CNC, HTML, Javascript*

### 1. Pendahuluan

Konsumen batik yang beragam dari berbagai kategori usia hingga berbagai kelas ekonomi menyebabkan munculnya variasi-variasi baru pada motif hingga warna batik. Hal tersebut menjadikan pendekatan metode produksi batik saat ini berkembang dari *make to stock* menjadi *design to order* (Wibisono *et al.*, 2010). Salah satu pengembangan teknologi tekstil saat ini adalah penggunaan mesin printer sebagai solusi bagi produksi massal untuk kebutuhan tekstil. Batik juga dapat diproduksi dengan menggunakan mesin printer tekstil namun motif yang dihasilkan akan berbeda dengan hasil proses pematikan dengan malam yang memiliki retakan-retakan yang khas. Oleh karena itu, pengembangan sistem desain dan manufaktur batik harus tetap dapat mempertahankan proses unik dari pembuatan batik yaitu menggunakan malam. Penelitian tentang pengembangan metode desain batik telah dilakukan oleh beberapa peneliti. Wibisono dan Toha (2000) yang mengembangkan *software* CAD untuk batik cap. Hariadi *et al.* (2007) mengembangkan sebuah *software* untuk mendesain motif batik dengan menggunakan matematika *fractal* dengan transformasi *fourier* yang disebut batik *fractal*. Wibisono *et al.* (2010) mengembangkan sistem desain untuk motif batik tulis dengan basis *motif recognition*. Perdana (2010) melakukan penelitian menggunakan metode motif *recognition* untuk aplikasi mesin pada CNC. Asmal (2015) mengembangkan *software* CAD untuk batik tulis berbasis kata kunci



karakter, dengan input *software* berupa sub-sub motif hasil *scanning* motif yang dapat disusun menjadi motif baru. Penelitian yang dilakukan oleh Wibisono dan Toha (2000), Hariadi *et al.* (2007), dan Asmal (2015) memiliki keterbatasan pada hasil *software* yang masih berupa file *raster* sehingga tidak bisa dilanjutkan ke proses manufaktur. Sedangkan penelitian Wibisono *et al.* (2010) dan Perdana (2010) yang menggunakan motif recognition adalah pada fleksibilitas desain karena saat harus merubah desain harus mengulangi proses dari awal yaitu menggambar pada kertas.

Beberapa penelitian terkait pengembangan teknologi manufaktur batik juga telah dilakukan yaitu pengembangan mesin canting cap otomatis dan canting elektrik yang digerakkan menggunakan mesin CNC. Canting elektrik didesain sebagai nozel lilin untuk melukis di atas kain. Canting elektrik dipasangkan pada *collet* mesin *milling* Emco T.U. CNC-3A yang dijalankan dengan data *G-code* (Wibisono *et al.*, 2010). Teknologi manufaktur yang dikembangkan untuk produksi batik berbasis mesin CNC, sedangkan sistem desain batik yang dikembangkan masih belum dapat menghasilkan *output* yang dapat diproses langsung oleh mesin CNC dan juga tidak fleksibel terhadap perubahan desain.

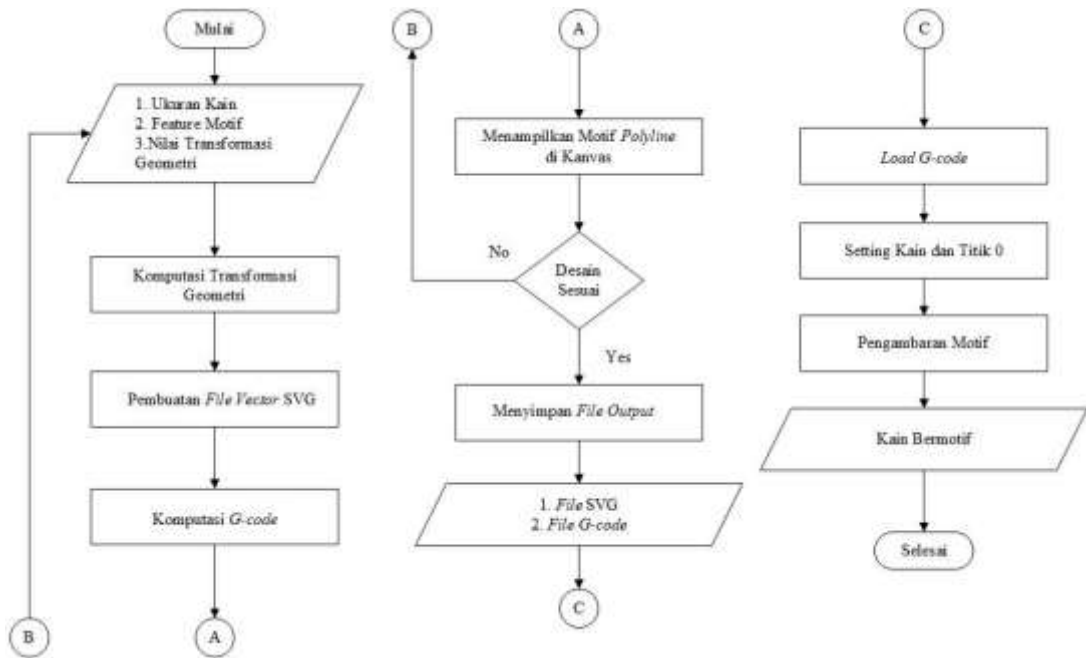
Berdasarkan latar belakang di atas, maka pada penelitian ini dikembangkan sistem desain dan manufaktur batik tulis dengan bantuan *feature* motif berbasis *vector* yang mampu *generate G-code* sehingga dapat dilanjutkan ke proses manufaktur secara langsung. Dengan system *software* batik khusus dengan dengan bantuan *feature* motif yang mampu menghasilkan *G-code* diharapkan dapat membantu pembuat batik dalam membuat inovasi hingga mengefisienkan waktu proses produksi batik.

## 2. Metodologi

Objek pada penelitian ini adalah pengembangan sistem desain dan manufaktur batik tulis menggunakan *feature* motif. Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah *software Sublime Text* yang digunakan untuk melakukan *coding* pada pengembangan *software* desain batik. Kemudian *software* XAMPP digunakan sebagai *local server* dalam menjalankan *software* yang dibangun, *software* Inkscape untuk membangun *feature* motif dari *software* yang dikembangkan, mesin CNC digunakan untuk proses manufaktur batik, kemudian Microsoft Excel digunakan sebagai alat pengolahan data pengujian waktu dari hasil pengembangan sistem desain dan manufaktur batik menggunakan bantuan *feature* motif.

Tahapan pertama dalam penelitian ini adalah dengan merumuskan masalah mengenai kebutuhan akan sistem desain dan manufaktur yang terintegrasi pada pembuatan batik untuk memenuhi kebutuhan pasar terkait produk batik. Berikutnya adalah membangun model konseptual. Model konseptual memberikan sebuah gambaran detail mengenai kinerja dari sistem desain dan manufaktur yang dikembangkan. Gambar 1 menunjukkan flowchart model konseptual. *Software* yang dirancang akan digunakan untuk proses desain batik dan dapat menghasilkan file *G-code* yang untuk dilanjutkan ke proses manufaktur menggunakan mesin CNC batik. Setelah disusun model konseptual, kemudian mulai dilakukan pembuatan *software* sebagai wujud pengembangan sistem desain dan manufaktur batik tulis yang dapat bekerja sesuai dengan model konseptual yang telah dibuat. Tahapan awal adalah pembuatan *feature* motif dimana setiap *feature* motif yang dibuat akan berisikan informasi kordinat dari gambar motif. Gambar 2. merupakan salah satu *feature* motif yaitu motif "meru". Gambar tersebut sudah mengandung kordinat karena dibuat dalam format .svg. Gambar tersebut terdiri dari beberapa *path*, dimana setiap *path* akan memiliki kordinat masing-masing. Koordinat dari gambar itulah yang kemudian akan dimanipulasi pada proses *editing* motif dan proses pembuatan *G-Code*. *Feature* motif kemudian disimpan dalam sebuah *database* dimana saat pengguna akan merancang batik akan memilih *feature* motif yang disediakan.



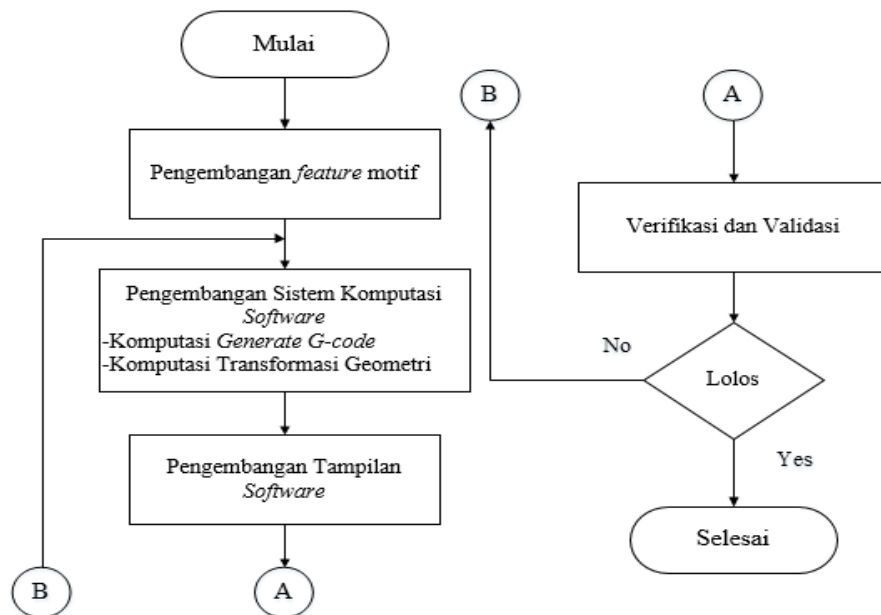


Gambar 1. Flowchart Model Konseptual Sistem Desain dan Manufaktur Batik Tulis dengan Bantuan *Feature Motif*



m 20.86174,25.98586 c 0,0 3.33529,-3.56496  
 5.06047,-3.45113 m -0.80503,-2.52954 c 0,0  
 0.23001,-2.18606 1.26514,-2.64625

Gambar 2 Contoh *Feature Motif* dan Code File svg



Gambar 3. Flowchart Pengembangan *Software* Batik dengan Bantuan *Feature Motif*

Setelah membuat *feature motif*, maka proses dilanjutkan dengan pengembangan sistem komputasi untuk pembuatan *G-code* dan transformasi geometri. Setiap menu transformasi akan

menggunakan nilai koordinat awal dari motif yang dipilih sebagai acuan untuk dikalikan dengan matriks untuk tiap-tiap menu transformasi, sehingga dihasilkan gambar sesuai dengan yang diinginkan. Pengembangan selanjutnya adalah pada tampilan *software* untuk membuat sebuah *user interface* yang baik bagi pengguna *software* ini. *Output* dari *software* ini akan berupa *file vector* dan *G-code* dari motif batik yang akan diproduksi. Selanjutnya adalah proses verifikasi dan validasi, dimana proses verifikasi dilakukan untuk mengetahui apakah *software* yang dikembangkan telah bekerja sesuai dengan rancangan model konseptual. Apabila masih ada ketidaksesuaian, maka sistem desain yang dikembangkan perlu dilakukan perbaikan kembali pada tahap pengembangan sistem desain dan manufaktur. Berikutnya, proses pengujian dilakukan untuk mengetahui tingkat efektivitas dari *software* desain batik yang telah dikembangkan. Pengujian akan dilakukan dengan membandingkan kinerja sistem yang dibangun dengan proses batik tulis manual. Hasil dari keseluruhan tahapan kemudian akan dianalisis dan setelahnya akan ditarik kesimpulan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 *Software* Desain Batik Tulis dengan Bantuan *Feature* Motif

Pada penelitian ini dikembangkan sebuah *software* dimana *user* dapat melakukan proses desain batik yang *output*-nya dapat langsung digunakan untuk proses manufaktur batik yaitu *G-code*. *Software* desain batik dikembangkan dengan bantuan *feature* motif untuk memudahkan *user* dalam mendesain batik. *Feature* motif yang dimaksud adalah pilihan motif batik yang dapat dipilih oleh *user*. Secara keseluruhan *software* yang dikembangkan memiliki tiga jenis *input* yaitu *feature* motif, ukuran kanvas, dan nilai transformasi geometri dari motif yang digunakan. *Software* kemudian akan melakukan beberapa proses sampai akhirnya dihasilkan *output* berupa *G-code* dan *file vector* dari desain batik yang telah dibuat.

Tampilan *interface* dari *software* ini terbagi menjadi dua bagian yaitu *user guide* dan *main program*. *User guide interface* berisikan urutan penggunaan *software* mulai dari proses desain hingga menghasilkan *output G-code*. *Main program interface* berisikan menu-menu utama dari program yang dikembangkan yang dapat digunakan untuk mendesain batik yang diinginkan. *Input* yang digunakan dalam *software* desain batik berupa ukuran kanvas yang akan menjadi representasi ukuran kain, *feature* motif, dan nilai transformasi geometri. Gambar 4. berikut menunjukkan *user interface* dari *software* desain batik yang telah dibuat.



Gambar 4. *User Guide Interface Software* Desain Batik

### 3.2 Proses Manufaktur Batik Tulis Menggunakan Mesin CNC

Setelah mendapatkan *file G-code* dari desain batik maka proses selanjutnya adalah proses manufaktur batik. Proses manufaktur batik yang biasanya dikerjakan secara manual menggunakan canting dan malam pada penelitian ini akan dikerjakan menggunakan mesin CNC. Mesin CNC akan bergerak mengikuti *G-code* desain batik yang telah dibuat. Pada proses manufaktur ini dibantu oleh *software* CAM yaitu Mach3 untuk membaca *G-code* yang telah dihasilkan dan mengendalikan arah gerak mesin. *Flowchart* di bawah ini akan menjelaskan urutan proses manufaktur batik tulis menggunakan mesin CNC dengan *software* Mach3.

### 3.3 Verifikasi Software Desain Batik dengan Bantuan Feature Motif

Setelah model dibangun, perlu dilakukan verifikasi pada model yang dibangun untuk mengetahui apakah model sudah dibangun dengan benar. Proses verifikasi dilakukan dengan melakukan pengecekan pada *coding* telah dibuat dengan benar sehingga program dapat berjalan dengan baik. Metode ini biasa disebut dengan *debugging* yaitu dengan memastikan jika rumus dan model komputasi menjalankan algoritma sesuai diagram alir & tidak terdapat *error*. Indikator bahwa program telah terverifikasi dan berjalan dengan benar adalah *software* sudah dapat menampilkan desain batik yang sudah dibuat oleh *user* pada kanvas dan mampu menghasilkan dua jenis *file* saat telah melakukan proses *saving* berupa *file* *svg* dan *file* *G-code*.

### 3.4 Validasi Software Desain Batik dengan Bantuan Feature Motif

Proses validasi *software* dilakukan dengan melakukan pengujian pada mesin CNC yaitu mesin *flame cutting* dengan bantuan *software* CAM yaitu Mach3. *Software* desain batik dianggap valid saat *G-code* yang merupakan *output* dari *software* yang sudah dapat dijalankan dan menghasilkan gambar yang sesuai dengan motif yang diharapkan.

### 3.5 Pengujian

Pengujian pada sistem yang dikembangkan dilakukan dengan membandingkan waktu proses yang dibutuhkan untuk menggambarkan motif batik dengan menggunakan mesin CNC dan proses batik secara manual menggunakan canting. Pada pengujian ini dipilih satu motif dengan jumlah *path* terbanyak dalam feature motif yang disediakan yaitu motif garuda yang memiliki 39 *path* untuk mengetahui sejauh mana *software* yang dikembangkan dapat memberikan penghematan waktu manufaktur batik tulis menggunakan mesin CNC. Data proses pembatikan manual didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung pada seorang pembatik yang diminta untuk menggambarkan motif garuda. Data pembatikan menggunakan mesin CNC juga didapatkan dengan melakukan pengukuran langsung. Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian.



Gambar 5. Hasil pengujian menggunakan mesin CNC dan manual

Pada pengujian ini waktu pengerjaan batik terdiri dari dua proses yaitu proses persiapan dan proses pembatikan. Proses persiapan pada pembatikan manual berupa proses penjiplakan motif pada kain menggunakan pensil, sedangkan pada proses pembatikan menggunakan mesin CNC proses persiapan merupakan proses setting ujung mesin pada titik yang akan digunakan sebagai acuan dalam menggambar motif. Dua proses ini dianggap *equivalent* karena pada proses pembatikan manual penjiplakan motif dilakukan agar pembatik tahu dimanakah motif batik akan

digambarkan dan bagaimana bentuk motifnya. Pada pematikan menggunakan mesin, *setting* posisi nol memiliki fungsi yang sama yaitu agar mesin mengetahui dimanakah motif batik akan digambarkan.

Pematikan menggunakan mesin CNC akan dilakukan dengan dua parameter *feed rate* yaitu 800 dan 1000 untuk mendekati kecepatan pematikan manual. Pematikan manual dilakukan di atas sebuah kain dengan menggunakan canting. Namun, dikarenakan adanya keterbatasan alat yang tersedia, pematikan menggunakan mesin CNC dilakukan di atas kertas dengan *tool* penggambar menggunakan spidol yang dipasangkan pada mesin. Pada pengujian ini mesin CNC yang digunakan adalah mesin *shape cutting*. Pengukuran waktu dilakukan pada 30 kali proses pematikan motif garuda oleh seorang pematik. Dari 30 kali pematikan dengan proses manual dan menggunakan mesin didapatkan hasil waktu rata-rata proses seperti pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Perbandingan Waktu Pematikan Manual dan Mesin  
(dalam detik)

Proses	Rata-Rata Waktu Persiapan (detik)	Rata-Rata Waktu Pematikan (detik)	Total Waktu (detik)
Manual	112,23	189,16	301,39
Mesin <i>Feedrate</i> 800	19,28	306,3	325,28
Mesin <i>Feedrate</i> 1000	17,79	251,3	268,79

Berdasarkan Tabel 1. waktu rata-rata apabila pematikan dilakukan dengan mesin pada *feedrate* 1000, total waktu yang dibutuhkan akan lebih singkat dibandingkan dengan proses pematikan manual. Namun, percobaan ini masih menggunakan spidol untuk menggambarkan motif bukan menggunakan *tools* yang memiliki karakteristik sama seperti canting pada batik tulis sehingga belum dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan *feedrate* 1000 proses pembuatan batik tulis menjadi lebih cepat. Dengan *feedrate* 1000 apabila mesin menggunakan canting batik bisa saja motif yang dihasilkan menjadi tidak rapi dan malam tidak tertuang dengan rapi. Namun, dapat dilihat bahwa dengan *software* yang dikembangkan mampu mereduksi waktu persiapan pematikan hingga 80% tergantung dari tingkat kesulitan dan kerumitan motifnya. Saat motif semakin rumit, penghematan yang dihasilkan semakin besar karena waktu penjiplakan untuk motif yang rumit membutuhkan waktu yang lebih lama.

Tabel 2. Penghematan Waktu Persiapan Pematikan  
(dalam detik)

Proses	Rata-Rata Waktu Persiapan (detik)	Penghematan (detik)	Persentase (%)
Manual	112,23	-	-
Mesin <i>Feedrate</i> 800	19,28	92,95	82,82
Mesin <i>Feedrate</i> 1000	17,79	94,44	84,3

### 3.6 Kemampuan *Software* yang Dikembangkan

Terdapat beberapa kemampuan yang didapatkan dengan menggunakan *software* yang sudah dikembangkan.

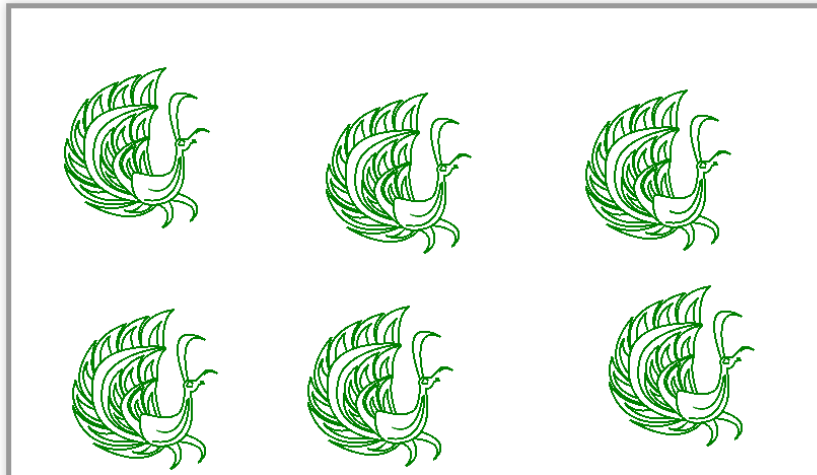
#### Kemudahan Replikasi

Dengan menggunakan *software* yang sudah dikembangkan maka user akan dapat dengan mudah melakukan replikasi motif yang digunakan. Hal tersebut dikarenakan motif batik sudah disediakan dalam bentuk *feature* sehingga pengguna tidak perlu menggambar berulang-ulang sebelum melakukan proses pematikan. Gambar 6 menunjukkan contoh replika.

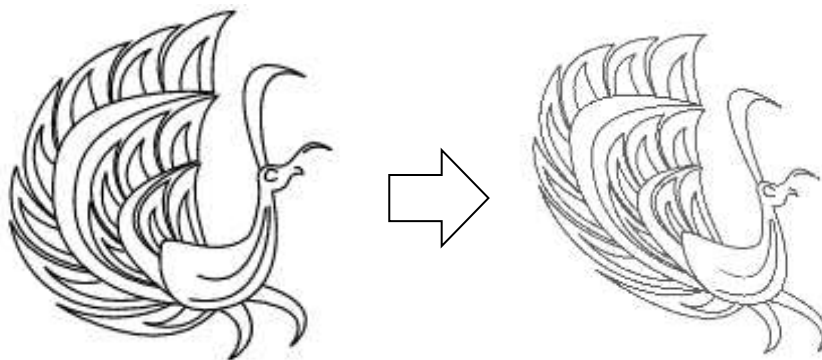


### Kemudahan Modifikasi Motif

Software menyediakan menu transformasi geometri dari motif yang berisi menu *scaling*, *shearing*, dan rotasi yang memungkinkan user dapat melakukan modifikasi motif batik secara otomatis dalam waktu yang singkat. Menu *scaling* dapat digunakan untuk memperbesar motif, *shearing* digunakan untuk membuat distorsi pada motif, dan rotasi digunakan untuk memutar motif. Kemudahan modifikasi tidak dapat didapatkan apabila proses penggambaran batik dilakukan secara manual. Gambar 7 menunjukkan hasil modifikasi motif.



Gambar 6. Kemudahan Replikasi



Gambar 6. Hasil Modifikasi Motif

### Multiplatform

Software dikembangkan menggunakan bahasa pemrograman Javascript, HTML, dan PHP sehingga memungkinkan software dapat diakses dalam berbagai platform baik komputer maupun *smartphone* sehingga mempermudah akses oleh *user* untuk menggunakan software.

### Globalisasi Software

Bahasa pemrograman yang digunakan merupakan bahasa yang digunakan dalam pembuatan *website* sehingga memungkinkan software untuk diglobalkan dengan dibuat menjadi *online*. Saat software sudah dibuat menjadi *online* maka software dapat diakses dari mana saja sehingga di masa depan diharapkan semua orang dapat membuat desain batiknya sendiri yang dapat dimanufaktur dengan mesin CNC.



### 3.7 Keterbatasan *Software* yang Dikembangkan

Terdapat beberapa keterbatasan yang ditemukan dalam *software* pada saat proses pengujian. Apabila *feature* motif yang dipilih semakin rumit maka proses menampilkan dilayar akan semakin lama karena waktu komputasi yang dibutuhkan semakin lama. Kemudian keterbatasan berikutnya adalah *software* yang dikembangkan hanya dapat digunakan meng-*import file* dalam format SVG yang dibuat menggunakan kurva *bezier*.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan di atas dapat disimpulkan bahwa telah berhasil dirancang dan dikembangkan sebuah sistem dalam bentuk *software* yang dapat digunakan untuk mendesain batik dan mampu menghasilkan *output* berupa *G-code* yang dapat digunakan untuk proses manufaktur batik menggunakan mesin CNC. *Software* dikembangkan dengan menggunakan *feature* motif yang dibangun dengan menggunakan kurva *bezier* untuk membantu *user* dalam proses mendesain batik dan proses pembuatan *G-code*. *G-code* hasil *software* telah tervalidasi menggunakan mesin CNC dan berhasil menghasilkan pola yang sama dengan desain motif batik. Pengujian yang dilakukan dengan membandingkan waktu proses pematikan tulis manual dengan mesin CNC menunjukkan penghematan waktu pada proses persiapan pematikan hingga 80 % pada motif yang semakin rumit karena dengan menggunakan mesin CNC *user* tidak perlu menjiplak motif pada kain sebelum melakukan pematikan menggunakan malam.

Sebagai saran yang dapat menjadi pertimbangan pada pengembangan selanjutnya adalah pada pembuatan *G-code* dimana masih bergantung pada *feature* motif yang dibangun dengan kurva *bezier* sehingga perlu dikembangkan algoritma agar program dapat membuat *G-code* dari berbagai jenis kurva. Kemudian untuk *feature* motif yang dapat digunakan juga harus ditambahkan agar desain dapat lebih bervariasi.

## Ucapan Terimakasih

Penelitian "Pengembangan Sistem Desain dan Manufaktur Batik dengan Bantuan Feature Motif" ini didanai oleh hibah penelitian Masterplan Percepatan dan Perluasan Pembangunan Ekonomi Indonesia. Kami segenap peneliti mengucapkan terima kasih atas bantuan dan dukungan pemerintah dalam penelitian ini.

## Daftar Pustaka

- Asmal, S., 2015, *Pengembangan Sistem Input Pada Software Cad Berbasis Kata Kunci Karakter Untuk Mendesain Motif Batik Tulis*, Disertasi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Djumena, N. S., 1990, *Batik dan Mitra*, Djembatan, Jakarta.
- Hariadi, Y., Lukman, M., dan Haldani, A., 2007, *Batik Fractal: From Traditional Art to Modern Complexity*, *Proceeding Generative Art X Milan Italia. Arte-Polis 3, International Conference On Creative Collaboration and The Making of Place 1*.
- Perdana, A.A, *Pengembangan Metode Penggambaran Motif Batik Tulis untuk Aplikasi Pada Mesin CNC*, Skripsi, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Puztai, J., dan Sava, M., 1983, *Computer Numerical Control*, Prentice Hall, Virginia.
- Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., dan Raju, V., 2008, *CAD/CAM/CIM*, Third ed., New Age International (P) Ltd., New Delhi.
- Rif'ah, M. I., 2015, *Pengembangan Sistem Berbasis Komputer Untuk Mensimulasikan Teknik Pewarnan Batik*, Tesis, Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sakshica dan Gupta, K., 2015, *Various Raster and Vector Image File Formats*, *International Journal of Advanced Research in Computer and Communication Engineering*, 4(3), pp. 768-771.





- Toha, I. S. dan Wibisono, M. A., 1999, Desain Komponen Prismatik Berbantuan Feature Pembentuk, *Proceedings Seminar Sistem Produksi IV-1999*, Bandung.
- Wibisono, M. A. dan Toha, I. S., 2000, Desain Motif Batik *Canting Cap* Berbantuan Komputer, *Prosiding Seminar Nasional Proses Produksi*, Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Wibisono, M. A., Wisudawan, C. G., Afriliana, E. H., dan Perdana, A. A., 2010, Integrasi Proses Desain dan Manufaktur Batik Tulis, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9, 2010*, Palembang.



## **Usulan Peningkatan Performa Mesin Brother DB2-B735-3 Tipe Single Needle Berdasarkan Analisis Nilai Overall Equipment Effectiveness pada Divisi Sewing di PT. Sandang Asia Maju Abadi**

**Diana Puspita Sari, Dewi Ratna Sari Agustina**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, Tembalang – Semarang, Kode pos 50275  
Telp.024-7460052  
E-mail: diana\_psptsr@yahoo.com

### **Intisari**

*Performa suatu mesin sudah sewajarnya menjadi salah satu faktor penting pada suatu perusahaan. PT. Sandang Asia Maju Abadi adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri garment. Pada industri garment, mesin terus menerus digunakan dan dituntut dapat dipakai untuk memenuhi target yang telah ditetapkan. Namun, hingga saat ini PT. Sandang Asia Maju Abadi belum bisa memenuhi target yang telah ditetapkan pada tiap harinya sedangkan perusahaan tidak mengetahui penyebabnya. Untuk mengetahui penyebab ketidakmampuan mencapai target pada lini produksi, peneliti melakukan pengukuran performansi mesin yang digunakan yaitu mesin BROTHER DB2-B735-3. Untuk mengetahui performansi dari mesin tersebut maka dilakukan pengukuran tingkat Overall Equipment Effectiveness (OEE). OEE merupakan suatu metode untuk melakukan pengukuran tingkat efektivitas dari suatu mesin. Nilai OEE dihasilkan oleh 6 faktor yaitu Six Big Losses. Tujuan penelitian ini adalah untuk memberikan usulan peningkatan performa mesin BROTHER DB2-B735-3 berdasarkan nilai OEE. Setelah dilakukan penelitian didapatkan nilai OEE untuk mesin BROTHER DB2-B735-3 masih dibawah standar global yaitu sebesar 53,51% sehingga dilakukan penelitian untuk mengetahui penyebab rendahnya tingkat performansi mesin BROTHER DB2-B735-3 dengan mengetahui faktor Six Big Losses. Setelah diketahui faktor Six Big Losses nya maka dibentuklah diagram pareto. Pada diagram pareto menunjukkan bahwa penyebab utama rendahnya nilai OEE ialah pada bagian reduce speed loss. Oleh karena itu, selanjutnya dilakukan penyusunan Cause and Effect Diagram sehingga dapat diberikan usulan untuk peningkatan performa mesin BROTHER DB2-B735-3*

*Kata Kunci: Mesin, Efektivitas, Overall Equipment Effectiveness, Six Big Losses.*

### **1. Pendahuluan**

Di dunia industri manufaktur, sebuah pabrik membutuhkan beberapa peralatan dan manusia untuk dapat menjalankan proses produksinya. Peralatan yang dibutuhkan salah satunya ialah mesin. Mesin-mesin yang digunakan pada proses produksi memiliki kemampuan yang berbeda. Kemampuan mesin tersebut dapat dipengaruhi oleh faktor umur pakainya. Dalam suatu kondisi dimana kemampuan suatu mesin menurun atau mesin tersebut mengalami kerusakan maka pabrik dapat mengalami kerugian dari menurunnya tingkat kepercayaan konsumen yang disebabkan oleh distribusi produk yang terhambat oleh adanya kendala pada mesin produksi. Selain itu, pabrik juga harus mengeluarkan biaya-biaya untuk memperbaiki mesin yang rusak. Oleh karena itu, kemampuan mesin perlu dijaga. Untuk menjaga kemampuan mesin, maka dibutuhkan suatu tindakan perawatan terhadap mesin-mesin yang tersedia.

Tindakan perawatan yang dilakukan harus memiliki sebuah parameter dasar yang dapat menggambarkan seberapa baik mesin tersebut dapat bekerja. Usaha perbaikan pada industri manufaktur, dilihat dari segi peralatan adalah dengan meningkatkan efektivitas mesin yang ada



seoptimal mungkin. Pada prakteknya, sering kali usaha perbaikan yang dilakukan tersebut hanya pemborosan, karena tidak menyentuh akar permasalahan yang sesungguhnya. Hal ini disebabkan karena tim perbaikan tidak mengetahui jelas permasalahan yang terjadi dan faktor – faktor yang menyebabkan permasalahan tersebut. Untuk itu maka diperlukan suatu metode yang mampu mengungkapkan masalah yang ada dengan jelas agar dapat dilakukan peningkatan kinerja dengan optimal (Hasriyono, 2009).

Tingkat efektivitas mesin sudah sewajarnya menjadi suatu faktor yang penting. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) adalah metode yang dilakukan mengukur tingkat efektivitas proses suatu mesin atau peralatan. Perhitungan OEE dapat diukur dari data aktual yang terkait dengan tingkat *availability*, *performance efficiency*, dan *quality ratio*. Informasi dari hasil perhitungan OEE dapat digunakan untuk melakukan identifikasi dan klarifikasi tingkat kinerja suatu mesin. Nilai OEE sering dijadikan sebagai ukuran kunci dalam *Total Productive Maintenance* (TPM) yang berguna untuk meningkatkan efisiensi mesin berdasarkan prioritas. Penilaian yang terkait dengan OEE mengikuti standar global, yaitu 90% untuk nilai *availability*, 95% untuk nilai *performance efficiency*, dan 99% untuk *quality ratio* serta 85% untuk nilai OEE secara keseluruhan. Secara umum, besar kecilnya nilai OEE dipengaruhi oleh 6 faktor yang biasa disebut dengan *Six Big Losses* (Dunn, 2015).

PT. Sandang Asia Maju Abadi (SAMA) adalah sebuah perusahaan yang bergerak dalam bidang industri garmen. Perusahaan memproduksi berbagai macam jenis pakaian dan mereka memfokuskan penjualan produk mereka ke luar negeri atau ekspor. Dalam pembuatan produk tersebut, peran mesin yang digunakan dalam produksi sangatlah penting. Mesin yang terus beroperasi secara kontinyu dituntut dapat memenuhi target yang telah ditetapkan dengan tingkat efektivitas yang tinggi. Namun, hingga sekarang perusahaan tidak mampu memenuhi target yang telah ditentukan dan perusahaan belum bisa mengidentifikasi penyebab kejadian tersebut. Perusahaan tidak mengetahui kemampuan mesin yang digunakan selama ini seberapa besar sehingga perusahaan tidak melihat faktor mesin sebagai penyebab ketidakmampuan memenuhi target. Ketidakmampuan perusahaan memenuhi permintaan pasar dapat dilihat dari intensitas terjadinya produksi yang tidak memenuhi target yang telah ditetapkan. Pada tabel 1 dapat dilihat data produksi harian mesin jahit BROTHER DB2-B735-3 yang digunakan oleh PT. SAMA dalam memproduksi produknya. Berdasarkan pengamatan yang dilakukan selama satu bulan, tingkat produk cacat yang dihasilkan masih cukup tinggi, dari jumlah produksi sebanyak 216 unit terdapat 37 produk yang tidak sesuai dengan yang diharapkan sehingga harus dibuang atau dilakukan pengerjaan ulang untuk produk tersebut. Sehingga banyaknya produk cacat ada sebesar 14% dari total produk yang dihasilkan, hal ini tentu saja akan menimbulkan kerugian bagi perusahaan. Oleh karena itu, peneliti melakukan pengukuran performansi dari mesin yang digunakan yaitu mesin BROTHER DB2-B735-3 dengan parameter nilai OEE.

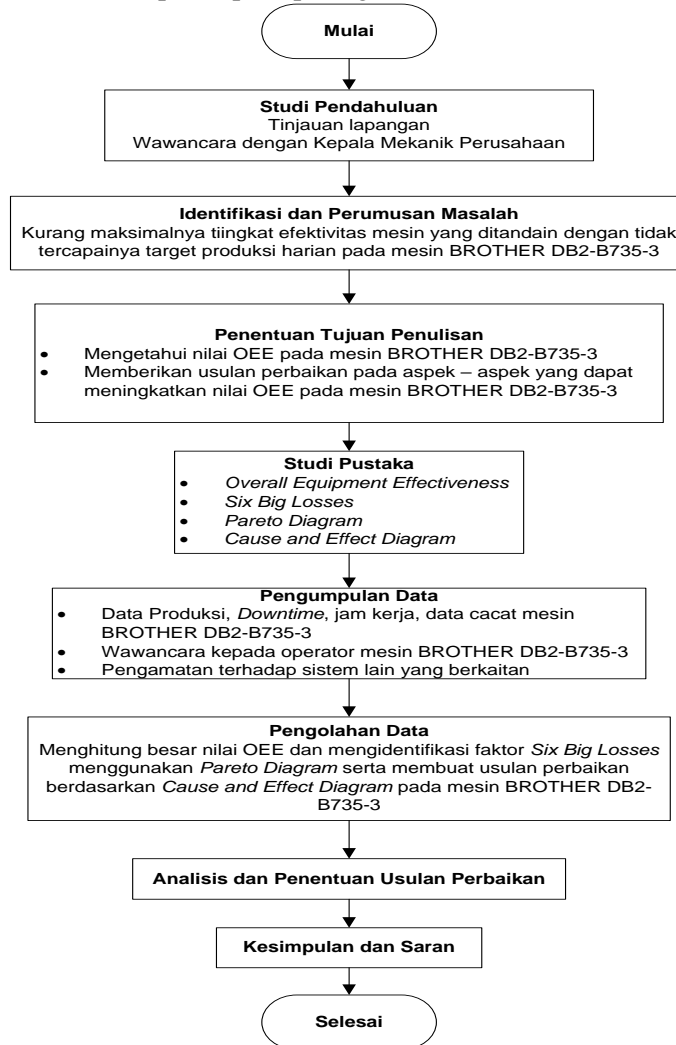
Ketidakmampuan mesin yang digunakan oleh PT. SAMA dalam melakukan produksi sesuai target yang telah ditetapkan memperlihatkan bahwa masih terdapat faktor – faktor yang menyebabkan mesin bekerja secara tidak efektif. Berdasarkan data operasi mesin BROTHER DB2-B735-3, akan dilakukan pengamatan dan analisis lebih jauh untuk mengetahui prioritas evaluasi penerapan TPM dengan menggunakan OEE sebagai indikator serta mencari penyebab ketidak efektifan dari kedua mesin tersebut dengan melakukan perhitungan *Six Big Losses*. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah mengetahui nilai OEE pada mesin BROTHER DB2-B735-3 serta memberikan rekomendasi pada aspek–aspek yang dapat meningkatkan nilai OEE pada mesin BROTHER DB2-B735-3.

## 2. Metodologi

Metodologi penelitian ini menjelaskan mengenai langkah – langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan yang peneliti ambil pada PT. Sandang Asia Maju Abadi, dimulai dengan studi pendahuluan dengan dilakukannya studi lapangan serta melakukan kegiatan wawancara dengan kepala mekanik perusahaan, identifikasi dan merumuskan masalah, lalu



menentukan tujuan dari penelitian, lalu mengumpulkan data dan mengolah data yang telah di kumpulkan dengan metode OEE dan *Six Big Losses*, lalu dilakukannya analisis hingga diperoleh hasil akhir yaitu usulan guna meminimalisasi *Six Big Losses* yang paling berpengaruh terhadap nilai OEE pada mesin BROTHER DB2-B735-3. Diagram alir dari metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini tampak seperti pada gambar 1.



Gambar 1 Metodologi Penelitian

## 2.1 Perhitungan OEE

OEE merupakan nilai yang dinyatakan sebagai rasio antara output aktual dibagi output maksimum dari peralatan pada kondisi kinerja yang terbaik (Nakajima, 1988). Tujuan OEE adalah sebagai berikut:

1. Nilai OEE sebuah mesin dapat digunakan untuk mendefinisikan adanya masalah *bottleneck*.
2. Dapat diketahui ketersediaan mesin/peralatan (*availability*), efisiensi produksi (*performance*), dan kualitas output mesin/peralatan (*quality ratio*)

Nilai OEE dari peralatan dalam kondisi ideal yang merupakan standar dari perusahaan kelas dunia adalah 85%. Nilai tersebut dengan komposisi ketiga rasio sebagai berikut (Mulyati, 2011):

- *Availability ratio* > 90%
- *Performance ratio* > 95%
- *Quality ratio* > 99%



*Availability ratio* adalah tingkat kesiapan mesin untuk beroperasi tanpa mengalami gangguan atau timbulnya kerusakan yang dapat menghentikan proses produksi (Susanto dan Nursanti, 2004).

$$\text{Availability ratio} = \frac{\text{loading time} - \text{downtime}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (1)$$

*Performance effectiveness* adalah tingkat efisiensi mesin dalam menghasilkan suatu produk berdasarkan waktu operasi mesin tersebut (Hasriyono, 2009).

$$\text{Performance effectiveness} = \frac{\text{proceed amount} \times \text{ideal cycle time}}{\text{operation time}} \times 100\% \quad (2)$$

*Quality ratio* adalah perbandingan tingkat rata – rata produksi yang dihasilkan mesin dengan kualitas yang baik dan telah memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan dengan produk yang tidak memenuhi standar (Rinawati & Dewi, 2014).

$$\text{Quality ratio} = \frac{\text{proceed amount} - \text{defect amount}}{\text{proceed amount}} \times 100\% \quad (3)$$

OEE adalah tingkat efektivitas penggunaan mesin selama mesin tersebut berada dalam keadaan beroperasi (Rinawati dan Dewi, 2014).

$$\text{OEE} = \text{availability ratio} \times \text{performance effectiveness} \times \text{quality} \quad (4)$$

## 2.1 Identifikasi Six Big Losses

*Six Big Losses* adalah enam kerugian yang menyebabkan rendahnya kinerja dari peralatan atau mesin (Nakajima, 1988). Keenam kerugian tersebut adalah sebagai berikut (Ramadhani dkk, 2014)

### 1. Downtime Losses (Penurunan Waktu)

#### a. Equipment Failure/ Breakdowns (Kerugian karena kerusakan mesin)

$$\text{Breakdown loss} = \frac{\text{total breakdown}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (5)$$

#### b. Set-up and adjustment ( Kerugian karena persiapan dan pengaturan)

$$\text{Setup and adjustment} = \frac{\text{total set up time}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (6)$$

### 2. Speed Losses (Penurunan Kecepatan)

#### a. Idling and minor stoppages ( Kerugian karena tidak beroperasi dan berhenti sesaat)

$$\text{Idling and min or stoppage} = \frac{(\text{jumlah produksi} - \text{output}) \times \text{waktu siklus estimasi}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (7)$$

#### b. Reduced Speed ( Kerugian karena penurunan kecepatan produksi)

$$\text{reduce speed loss} = \frac{(\text{waktu siklus aktual} - \text{waktu siklus estimasi}) \times \text{output}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (8)$$



- c. *Defect Losses* (Cacat)
- *Process defect* (Kerugian karena produk cacat maupun produk di kerjakan ulang)

$$\text{rework loss} = \frac{\text{total defect} - \text{waktu siklus estimasi}}{\text{loading time}} \times 100\% \quad (9)$$

- *Reduced yield losses* (Kerugian pada awal waktu produksi hingga mencapai waktu produksi yang stabil)

$$\text{Scrap loss} = \frac{\text{scrap}}{\text{loading time}} \quad (10)$$

- Identifikasi Faktor *Six Big Loss* Terbesar menggunakan Diagram Pareto  
Setelah diketahui nilai-nilai dari *Six Big Loss* pada mesin BROTHER DB2-B735-3 maka selanjutnya data tersebut digunakan untuk menyusun diagram pareto. Diagram pareto merupakan alat yang digunakan untuk mengklasifikasikan masalah menurut sebab dan gejalanya dengan prinsip yaitu '80-20' yang menyatakan 80% dari akibat disebabkan oleh 20% dari penyebab. Kegunaan dari diagram pareto menurut Wignjosoebroto (2006), salah satunya adalah menunjukkan persoalan utama yang dominan dan segera perlu diatasi.
- Identifikasi Faktor Penyebab menggunakan *Cause and Effect Diagram*  
Setelah diketahui permasalahan yang ada maka dilakukan analisa faktor penyebab permasalahan tersebut menggunakan *cause and effect diagram*. *Cause and Effect Diagram* atau sering disebut *Fishbone Diagram* merupakan alat yang digunakan untuk mengidentifikasi dan menganalisis suatu situasi dan menemukan kemungkinan penyebab suatu masalah yang terjadi (Tjiptono dan Diana, 2001). *Cause and Effect Diagram* menunjukkan hubungan sistematis antara hasil atau gejala atau efek penyebab yang mungkin dalam bentuk terstruktur. Untuk mencari faktor-faktor penyebab terjadinya penyimpangan kualitas hasil kerja maka orang akan selalu mendapatkan bahwa lima faktor penyebab utama signifikan yang perlu diperhatikan yaitu manusia (*man*), metode kerja (*work method*), mesin/peralatan kerja lainnya (*machine/equipment*), bahan baku (*raw material*), dan lingkungan kerja (*work environment*) (Rahayu, 2014).

### 3. Hasil dan Pembahasan

Data operasi mesin BROTHER DB2-B735-3 pada periode September 2015 dimana *loading time* nya yaitu 480 menit, waktu istirahat selama 60 menit, *theoretical cycle time* selama 22 menit, dan waktu *set up* selama 10 menit, seperti ditunjukkan pada Tabel 1.

Perhitungan OEE dimulai dengan menghitung *availability*, *performance ratio* dan *quality ratio*. Nilai *availability* didapatkan menggunakan pers.(1), nilai *performance ratio* menggunakan pers.(2), *quality ratio* menggunakan pers.(3), dan nilai OEE didapatkan dari perhitungan pers.(4). Rekapitulasi hasil perhitungan OEE mesin BROTHER DB2-B735-3 pada periode September 2015 ditunjukkan pada Tabel 2. Tabel 3 memperlihatkan perbandingan hasil perhitungan dengan standar.

Tabel 1. Data Operasi Mesin BROTHER DB2-B735-3 September 2015

Hari	<i>Proceed amount</i> (unit)	<i>Downtime</i> (menit)	<i>Operation Time</i> (menit)	<i>Actual cycle time</i> (menit)	<i>Defect</i> (unit)
1	18	0	420	23	2
2	7	25	395	56	2
3	14	0	420	30	1
4	15	0	420	28	2
5	11	0	420	38	2



Hari	<i>Proceed amount</i> (unit)	<i>Downtime</i> (menit)	<i>Operation Time</i> (menit)	<i>Actual cycle time</i> (menit)	<i>Defect</i> (unit)
6	14	0	420	30	1
7	14	0	420	30	1
8	14	0	420	30	1
9	8	0	420	53	2
10	16	0	420	26	3
11	11	20	400	36	2
12	10	50	370	37	2
13	14	0	420	30	1
14	14	0	420	30	1
15	8	0	420	53	2
16	10	0	420	42	2
17	16	0	420	26	3
18	14	20	400	29	1
19	16	60	360	23	3
20	9	0	420	47	1
21	5	85	335	67	1
22	3	30	390	130	1

Tabel 2. Rekapitulasi Perhitungan OEE Mesin BROTHER DB2-B735-3 September 2015

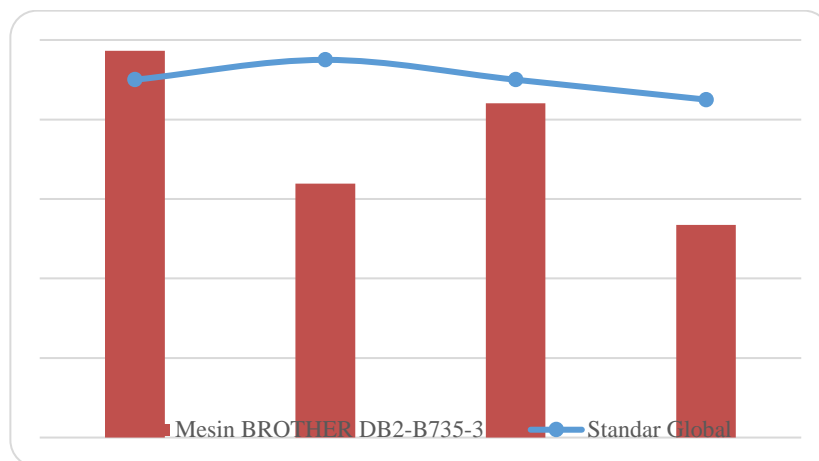
Hari	<i>Availability</i> (%)	<i>Performance Ratio</i> (%)	<i>Quality Ratio</i> (%)	<i>OEE</i> (%)
1	100,00	94,29	88,89	83,81
2	94,79	38,99	71,43	26,40
3	100,00	73,33	92,86	68,10
4	100,00	78,57	86,67	68,10
5	100,00	57,62	81,82	47,14
6	100,00	73,33	92,86	68,10
7	100,00	73,33	92,86	68,10
8	100,00	73,33	92,86	68,10
9	100,00	41,90	75,00	31,43
10	100,00	83,81	81,25	68,10
11	95,83	60,50	81,82	47,44
12	89,58	59,46	80,00	42,61
13	100,00	73,33	92,86	68,10
14	100,00	73,33	92,86	68,10
15	100,00	41,90	75,00	31,43
16	100,00	52,38	80,00	41,90
17	100,00	83,81	81,25	68,10
18	95,83	77,00	92,86	68,52
19	87,50	97,78	81,25	69,51



Hari	Availability (%)	Performance Ratio (%)	Quality Ratio (%)	OEE (%)
20	100,00	47,14	88,89	41,90
21	82,29	32,84	80,00	21,62
22	93,75	16,92	66,67	10,58
Rata - rata	97,25	63,86	84,09	53,51

Tabel 3. Perbandingan Antara Nilai Performansi Mesin BROTHER DB2-B735-3 dan Standar

Performansi	Standar Global	Mesin BROTHER DB2-B735-3
Availability (%)	90,00	97,25
Performance Ratio (%)	95,00	63,86
Quality Ratio (%)	90,00	84,09
OEE	85,00	53,51



Gambar 2 Grafik Perbandingan Nilai Performansi Mesin BROTHER DB2-B735-3 dengan Standar Global

Gambar 2 menunjukkan grafik dari perbandingan nilai performansi mesin BROTHER DB2-B735-3 selama periode September 2015. Perhitungan OEE dari mesin BROTHER DB2-B735-3 didapatkan dari nilai *availability* dari mesin ini adalah sebesar 97,25%, *performance effectiveness* sebesar 63,86%, *quality ratio* sebesar 84,09% dan hasil nilai OEE nya adalah sebesar 53,51. Namun, menurut standar *Japan Institute of Plant Maintenance* (JIPM) hasil dari perhitungan nilai efektivitas OEE untuk mesin ini belum dapat memenuhi standar yang telah ditetapkan sehingga perlu dilakukan perhitungan *Six Big Losses* untuk mengetahui penyebab rendahnya nilai OEE pada mesin tersebut. Perhitungan *Six Big Losses* dapat dilakukan menggunakan pers. (5) sampai (10), sehingga didapatkan hasil sebagai berikut:

$$\text{Breakdown loss} = \frac{290}{10.560} \times 100\% = 2,75\%$$

$$\text{Setup and adjustment} = \frac{220}{10.560} \times 100\% = 2,08\%$$

$$\text{Idling and min or stoppage} = \frac{(261 - 224) \times 22}{10.560} \times 100\% = 7,71\%$$

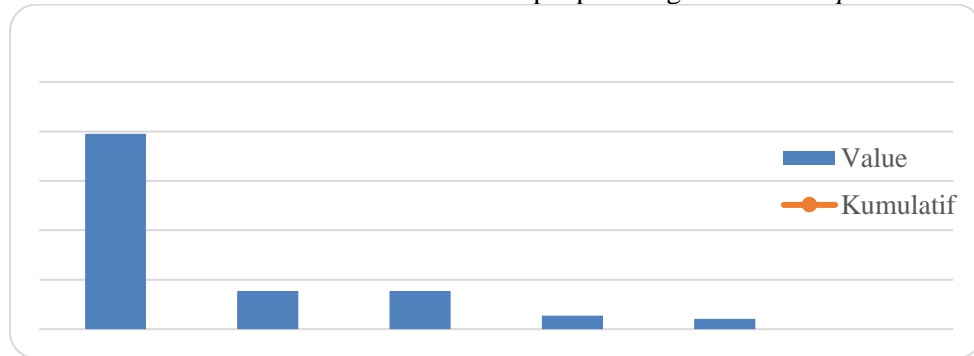


$$\text{Reduce speed loss} = \frac{(41 - 22) \times 224}{10.560} \times 100\% = 39,49\%$$

$$\text{Rework loss} = \frac{37 \times 22}{10.560} \times 100\% = 7,71\%$$

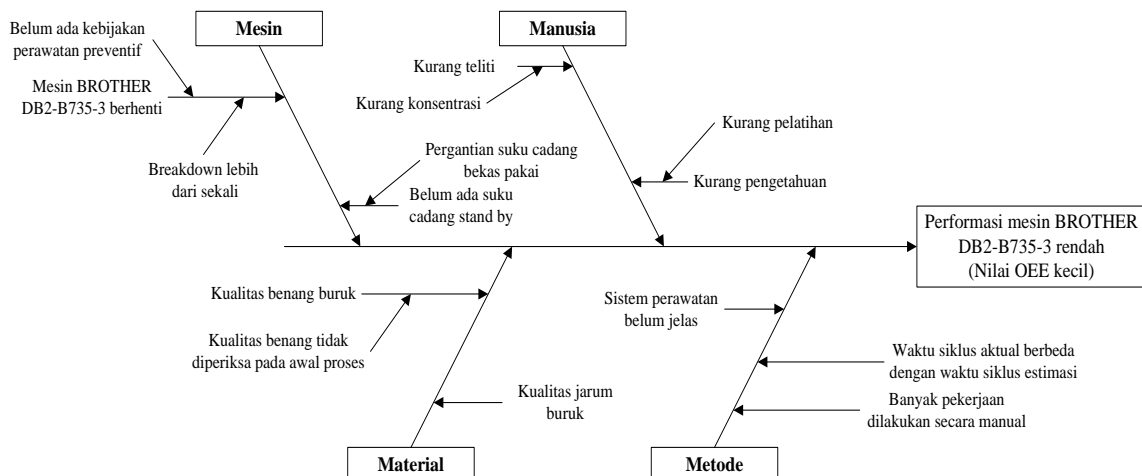
$$\text{Scrap loss} = \frac{0}{10.560} \times 100\% = 0\%$$

Pada gambar 3 adalah grafik dari hasil perhitungan dari *Six Big Losses* dengan menggunakan diagram pareto. Dari gambar tersebut terlihat bahwa penyebab utama dari rendahnya nilai OEE untuk Mesin BROTHER DB2-B735-3 adalah terdapat pada bagian *reduced speed loss*.



Gambar 3 Diagram Pareto Six Big Losses Mesin BROTHER DB2-B735-3

Gambar 4 merupakan diagram sebab akibat atau *Cause and Effect Diagram* dari mesin BROTHER DB2-B735-3. Diagram ini menggambarkan faktor yang menyebabkan rendahnya nilai OEE pada mesin BROTHER DB2-B735-3 yang disebabkan *performance ratio* yang rendah. Dari ketiga performansi yang diukur, performansi terendah pada *performance ratio*. Nilai dari *performance ratio* yang rendah menyebabkan nilai OEE rendah. Faktor yang paling mempengaruhi performansi yang rendah ini adalah *reduce speed loss* (kerugian karena penurunan kecepatan produksi). Faktor Penyebab dan solusi yang diusulkan dari *Six Big Losses* Terpilih dapat dilihat pada Tabel. 4. Dari pengolahan data yang sudah dilakukan, faktor mesin (*reduce speed loss* dan *idling and minor stoppage*) merupakan faktor utama yang mempengaruhi *performance effectiveness*



Gambar 4 Diagram Cause and Effect Untuk Mesin BROTHER DB2-B735-3

Tabel 4. Faktor Penyebab dari Six Big Losses Terpilih

Faktor	Spesifikasi Masalah	Spesifikasi Masalah	Solusi
Mesin	Mesin BROTHER DB2-B735-3 berhenti	Perusahaan masih belum menerapkan kebijakan perawatan secara preventif sehingga mesin dapat rusak lebih dari sekali	Menentukan sistem kebijakan perawatan yang bersifat preventif untuk menjaga mesin tetap bekerja secara optimal
	Tidak ada suku cadang yang stand by	Belum adanya kebijakan stand by untuk pengadaan suku cadang, sehingga suku cadang yang digunakan untuk mengganti part yang rusak adalah suku cadang bekas pakai	Menentukan kebijakan pengadaan suku cadang yang baru
Manusia	Kurang teliti	Operator kurang teliti dikarenakan kurangnya konsentrasi dalam pengoperasian	Pengondusifan area kerja dan pengarahan sebelum dimulai kerja
	Kurang pengetahuan	Pengetahuan dan keterampilan dari operator masih kurang dikarenakan kurangnya pelatihan	Mengadakan pelatihan bagi operator untuk meningkatkan pengetahuan dan keterampilan dalam bekerja
Metode	Terdapat perbedaan waktu siklus estimasi dengan yang aktual	Perbedaan waktu siklus yang di estimasi dengan aktualnya menyebabkan ketidakakuratan dalam penentuan target produksi	Dilakukan update untuk waktu siklus yang aktual setiap harinya sehingga didapatkan gambaran waktu siklus yang dapat digunakan sebagai acuan waktu siklus yang baik
	Banyak pekerjaan yang dilakukan secara manual	Dominasi pekerjaan yang dilakukan secara manual menyebabkan membesarnya kemungkinan terjadinya delay	
	Sistem perawatan belum jelas	Banyak mesin dan operator tidak dapat melakukan perawatan secara mandiri	Pelatihan untuk operator dalam melakukan perawatan mandiri terhadap mesin
Material	Kualitas benang buruk untuk digunakan pada mesin BROTHER DB2-B735-3	Tidak dilakukan inspeksi awal untuk pemilihan benang dalam proses penjahitan	Menjalankan kegiatan inspeksi untuk pemilihan benang sebelum proses produksi berjalan
	Kualitas jarum buruk	Jarum yang tidak dipilih secara selektif dapat menyebabkan terhambatnya pekerjaan secara berulang dikarenakan jarum patah.	Menentukan jenis jarum yang digunakan disesuaikan dengan jenis bahan yang akan dijahit.



#### 4. Kesimpulan dan Saran

Hasil perhitungan nilai *Overall Equipment Effectiveness* pada mesin BROTHER DB2-B735-3 di PT. Sandang Asia Maju Abadi memiliki nilai OEE sebesar 53,51%. Faktor Six Big Losses yang menyebabkan rendahnya performasi dari mesin BROTHER DB2-B735-3 adalah *Reduced Speed Loss* dengan nilainya adalah sebesar 39,49%. Usulan perbaikan yang dapat diterapkan perusahaan untuk meningkatkan nilai OEE yaitu menentukan sistem kebijakan perawatan secara preventif dan kebijakan pengadaan untuk suku cadang baru peralatan mesin, melakukan update waktu siklus setiap bulannya untuk mengetahui kinerja mesin secara aktual, memberikan pelatihan untuk para operator mesin BROTHER DB2-B735-3, melakukan otomasi pada pekerjaan manual, melakukan inspeksi terhadap benang yang akan digunakan sebelum proses produksi sehingga menunjang proses penjahitan, dan menentukan jenis jarum yang digunakan dimana disesuaikan dengan bahan yang akan dijahit sehingga ketika proses produksi tidak ada gangguan yang diakibatkan oleh jenis jarumnya. Penelitian ini dapat dilanjutkan dengan mencari akar penyebab lebih lanjut dari *reduced speed loss* yang tinggi menggunakan *root cause analysis* yang lain.

#### Daftar Pustaka

- Dunn, T., 2015, *Manufacturing Flexible Packaging Materials, Machinery, and Technique*, Elsevier Inc, London.
- Hasriyono, M., 2009, *Tugas Akhir: Evaluasi Efektivitas Mesin Dengan Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) di PT. Hadi Baru*, Universitas Sumatra Utara, Medan.
- Mulyati, D., 2011, *Tugas Akhir: Analisis Efektivitas Peralatan Produksi Pada PT. Bahari Dwikencana Lestari Kabupaten Aceh Tamiang*, Universitas Serambi Mekkah Banda Aceh, Banda Aceh.
- Nakajima, S., 1988, *Introduction to Total Productive Maintenance*, Productivity Press Inc, Tokyo.
- Rahayu, A., 2014, Evaluasi Efektivitas Mesin Kiln Dengan Penerapan Total Produktive Maintenance Pada Pabrik II/III PT Semen Padang, *Jurnal Optimasi Sistem Industri*, Vol. 13 No. 1, hal.454-485.
- Ramadhani, D. F., Taroepratjeka, H., dan Fitria, L., 2014, Usulan Peningkatan Efektivitas Mesin Cetak Manual Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness (OEE) (Studi Kasus Di Perusahaan Kerupuk TTN), *Jurnal Teknik Industri Itenas*, Vol.02, No.04, hal.156-165.
- Rinawati, D. I., dan Dewi, N. C., 2014. Analisis Penerapan Total Productive Maintenance (TPM) Menggunakan Overall Equipment Effectiveness (OEE) dan Six Big Losses Pada Mesin Cavitec di PT. Essentra Surabaya. *Prosiding SNATIF Ke-1*, hal. 21-26.
- Susanto, Y., dan Nursanti, I., 2014, Analisis Perhitungan Overall Equipment Effectiveness (OEE) Pada Mesin Packing Untuk Meningkatkan Nilai Availability Mesin, *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Vol.13, No.1, hal. 96-102.
- Tjiptono, F., dan Diana, A., 2001, *Pengantar Kualitas Statistik (4th ed)*, PT. Gramedia Jakarta, Jakarta.
- Wignjosoebroto, S., 2006, *Pengantar Teknik dan Manajemen Industri*, Guna Widya, Surabaya.



## ***Kajian Risk Based Inspection untuk Separator dan Heat Exchanger pada Liquefied Natural Gas Plant***

**Renie Adinda Pitalokha, Muhamad Ridwan Hamdani, Ahmad Taufik, Cukup Mulyana**

Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas  
Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang Km. 21, Jatinangor 45363  
E-mail: renie.adinda@gmail.com

### **Intisari**

*Produksi LNG mulai dari eksploitasi, eksplorasi, proses pencairan hingga proses regasifikasi tidak terlepas dari penggunaan separator dan heat exchanger jenis after cooler. Namun, penggunaan separator dan heat exchanger secara terus menerus menyebabkan penipisan material sehingga memungkinkan terjadinya kerusakan dan kegagalan proses pada peralatan tersebut. Untuk mengetahui hal tersebut dibutuhkan suatu inspeksi. Salah satu inspeksi yang dilakukan adalah risk based inspection yaitu menghitung nilai probability of failure (PoF) berdasarkan mekanisme kerusakan yang terjadi dan menghitung nilai consequence of failure (CoF) berdasarkan konsekuensi area, menurut dokumen API 581. Perhitungan nilai risiko ini menjadi sangat penting untuk mencegah terjadinya interupsi. Dengan mengetahui peluang terjadinya kegagalan dari hasil inspeksi, dapat dirancang suatu rencana inspeksi untuk memberikan skenario terbaik dalam meminimalisir kegagalan peralatan dan konsekuensi yang diterima akibat kegagalan peralatan tersebut. Penelitian ini bertujuan untuk menghitung dan menentukan peringkat risiko serta umur sisa dari separator dan heat exchanger pada LNG Plant yang telah beroperasi selama 3 tahun, serta menentukan jadwal inspeksi berdasarkan tingkat risikonya. Berdasarkan hasil perhitungan, nilai PoF dari separator dan heat xchanger dengan mekanisme kerusakan yang diakibatkan oleh penipisan akibat korosi internal dan eksternal masing-masing bernilai 1. CoF untuk separator memiliki nilai konsekuensi area total sebesar 134,34 ft<sup>2</sup>, termasuk kategori B, sedangkan CoF untuk heat exchanger sebesar 54,49 ft<sup>2</sup>, termasuk kategori A. Nilai risiko untuk separator adalah 1B dan untuk heat exchanger adalah 1A yang keduanya termasuk dalam kategori risiko rendah. Umur sisa dari separator bagian shell adalah 24,45 tahun, bagian head adalah 25,99 tahun, dan heat exchanger adalah 15,08 tahun. Jadwal inspeksi berdasarkan hasil tersebut adalah 10 tahun berikutnya, yaitu pada tahun 2026.*

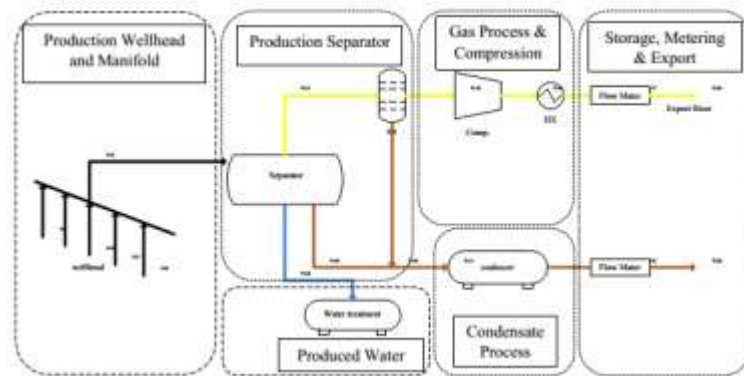
*Kata Kunci: LNG, RBI, separator, heat exchanger, umur sisa..*

### **1. Pendahuluan**

Gas alam merupakan suatu campuran yang tersusun dari gas-gas hidrokarbon ( $C_nH_{2n+2}$ ) dan sedikit gas-gas non-hidrokarbon. Komponen utama gas alam adalah Methane ( $CH_4$ ), sekitar 87% hingga 90%, dan gas hidrokarbon lainnya seperti ethane, butane, propane, pentane dan gas pengotor lainnya. Gas alam diproses dan diproduksi menjadi LNG, CNG, LPG dan jenis lainnya. Ketika gas alam didinginkan pada temperatur  $-162^\circ C$  atau  $-259^\circ F$  pada tekanan atmosfer hingga menjadi cair disebut *Liquefied Natural Gas* (LNG). Proses ini akan mereduksi volum gas alam hingga 600 kali volum sebelumnya (Dananto et al, 2014). Secara umum, alur proses produksi gas alam ditunjukkan oleh Gambar 1.1. Terdapat dua komponen penting pada proses ini, yaitu separator untuk memisahkan fasa gas, fasa cair, dan zat pengotor lainnya dari gas alam, dan *heat exchanger* jenis *after cooler* untuk menurunkan temperatur gas alam setelah mengalami kenaikan tekanan dan temperatur di *compressor*. Keduanya merupakan alat yang fungsinya sangat



diperlukan dan digunakan secara bertahap. Peralatan tersebut terletak di lingkungan ekstrim (di atas laut) sehingga memungkinkan terjadinya korosi eksternal. Selain itu korosi internal pun tidak dapat dihindari dan dapat terjadi seiring berjalannya waktu, sehingga perawatan pada peralatan tersebut menjadi sangat penting untuk mencegah terjadinya interupsi (terhentinya produksi pada saat operasi) pada proses produksi LNG.



Gambar 1.1 Gas Production Overview.

Dewasa ini, metode inspeksi berdasarkan waktu sudah tidak relevan digunakan sebagai kontrol kualitas. Hal ini disebabkan karena setiap peralatan memiliki masalah yang berbeda dan berubah terhadap waktu, sehingga penurunan kualitas dari peralatan tidak dapat diprediksi secara tepat. Muncullah metode baru yang melakukan inspeksi berdasarkan tingkat risiko yang terjadi, yang dikenal dengan *Risk Based Inspection* (RBI). Metode RBI mendefinisikan risiko sebagai hasil kombinasi antara nilai peluang terjadinya kegagalan (PoF) dan konsekuensi yang diterima saat terjadi kegagalan (CoF) (API RBI 581, 2008). Tujuan digunakannya RBI adalah untuk menghitung tingkat risiko peralatan, menurunkan risiko sistematis melalui penurunan kemungkinan yang dapat dicapai dengan pemakaian sumber daya inspeksi yang lebih baik, menurunkan risiko melalui modifikasi terhadap peralatan (setelah ditemukannya daerah-daerah yang memiliki tingkat risiko tinggi), dan memberi kesempatan manajemen perusahaan untuk melihat risiko di bidang keselamatan kerja, risiko dampak lingkungan, dan risiko terhentinya kegiatan usaha secara bersamaan sehingga efektif dalam hal pembiayaan kegiatan penaksiran risiko (API RBI 581, 2008). Peralatan yang dapat diinspeksi menggunakan metode RBI diantaranya *pressure vessel*, *process piping*, *storage tank*, *rotating equipment*, *boiler* dan *heater*, *heat exchanger*, dan *pressure relief device* (API RBI 581, 2008).

Perhitungan nilai risiko menjadi sangat penting untuk mencegah interupsi yang terjadi yang dapat merugikan perusahaan. Interupsi pada saat proses produksi dapat berupa kecelakaan kerja dan kecelakaan yang mengakibatkan kerusakan pada lingkungan, sedangkan interupsi pada perusahaan salah satunya adalah gagal produksi dan kerugian berupa biaya. Dengan mengetahui peluang terjadinya kegagalan, kita dapat merancang suatu rencana inspeksi untuk memberikan skenario terbaik dalam meminimalisasi kegagalan, dan juga dapat meminimalisasi besar konsekuensi yang diterima akibat kegagalan peralatan.

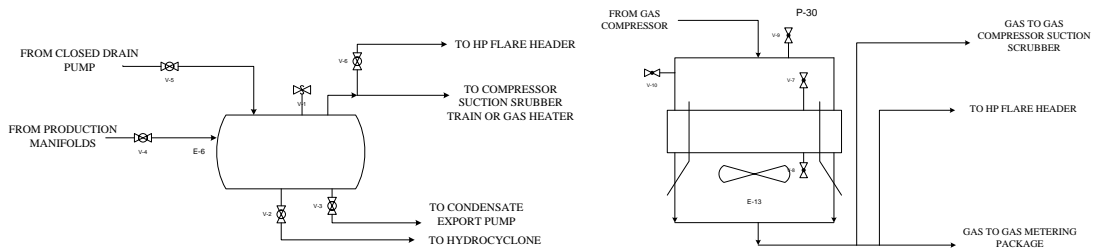
Pengembangan dari program inspeksi akan menghasilkan jadwal inspeksi yang ditentukan berdasarkan umur sisa dari peralatan yang ditinjau. Umur sisa dapat ditentukan dengan membandingkan ketebalan peralatan dengan laju korosi dari peralatan.

Tujuan dari penelitian ini adalah menghitung dan menentukan peringkat risiko serta umur sisa dari separator (*pressure vessel*) dan *after cooler* (*heat exchanger*) pada LNG Plant yang telah beroperasi selama 3 tahun, serta menentukan jadwal inspeksi berdasarkan tingkat risikonya. Analisis RBI yang digunakan pada penelitian ini adalah analisis semikuantitatif (level 2) yang memerlukan data lebih banyak dibandingkan analisis kualitatif (level 1) dan

sederhana dalam pengerjaannya dibandingkan dengan analisis kuantitatif (level 3). Keuntungan menggunakan analisis ini adalah memiliki kecepatan analisis yang merupakan keunggulan dari pendekatan kualitatif, dan memiliki ketelitian analisis yang merupakan keunggulan dari pendekatan kuantitatif (Fadely, 2011).

**2. Metodologi**

Objek pada penelitian ini adalah separator dan *heat exchanger (after cooler)* yang digunakan pada salah satu perusahaan minyak dan gas di Indonesia (PT.X). *Process Flow Diagram (PFD)* dari separator dan *after cooler* ditunjukkan oleh Gambar 2.1(a) dan Gambar 2.1(b). Data operasional dari separator ditunjukkan oleh Tabel 1, sedangkan data operasional *after cooler* ditunjukkan pada Tabel 2. Pada penelitian ini diasumsikan bahwa separator berisi 50% metan dan sisanya campuran gas hidrokarbon lain ditambah zat pengotor dan air, sedangkan *heat exchanger* berisi 99% metan.



Gambar 2.1. *Process Flow Diagram* peralatan yang diamati.

Berdasarkan data yang diperoleh, dilakukan pengolahan data untuk menghitung peringkat risiko dari separator dan *after cooler* dengan menggunakan metode semikuantitatif berdasarkan dokumen API 581 2008. Diawali dengan menghitung nilai PoF yang ditentukan dari dua komponen, yaitu *generic frequency of failure* dan *damage factor* dari separator dan *after cooler*. Selanjutnya dihitung besar nilai CoF untuk kedua alat tersebut. Perhitungan ini dibatasi hanya pada konsekuensi area saja. Berdasarkan nilai PoF dan CoF yang telah diperoleh, ditentukan peringkat risiko dari kedua peralatan tersebut. Nilai PoF dan CoF yang telah diketahui dikonversi menggunakan tabel konversi. Setelah diperoleh peringkat risikonya, dihitung umur sisa dari separator dan *after cooler* sehingga dapat diketahui perlakuan yang tepat untuk peralatan yang dievaluasi.

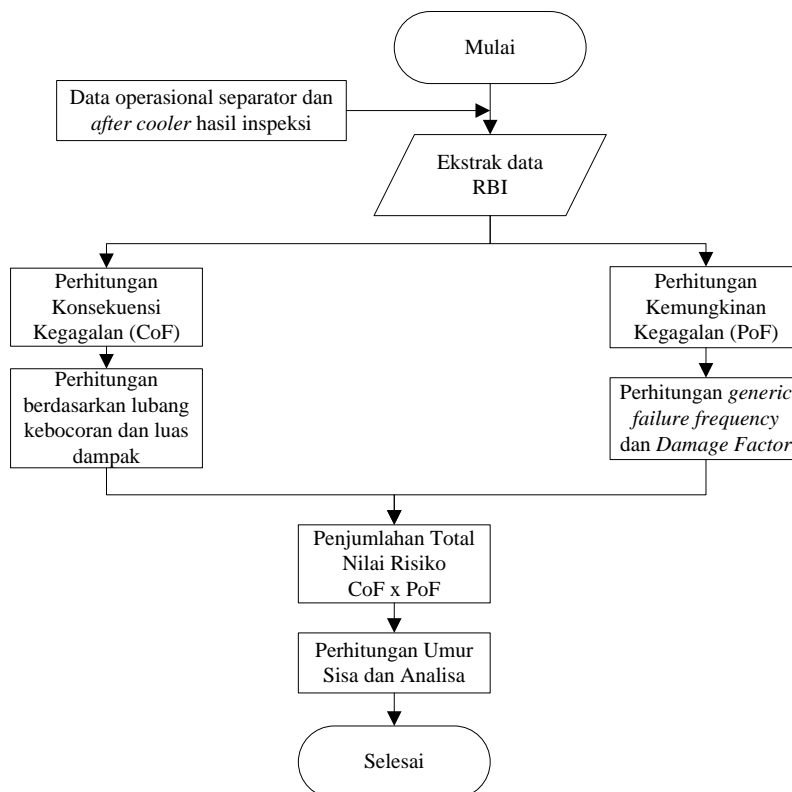
Tabel 2.1. Data operasional separator.

Diameter dalam	2130 mm
Usia peralatan	3 tahun
Tahun Inspeksi	2016
Panjang	4800 mm
Desain tekanan	138 barg
Desain temperature	-6°C - 70°C
Ketebalan awal	208 mm
Ketebalan terkini	197,6 mm
<i>Corrosion Allowance</i>	0,012 inch.
Outlet 1	Gas (methane)
Outlet 2	Liquid (air)



Tabel 2.2. Data operasional *after cooler*.

Diameter dalam	219,1 mm
Panjang pipa	10000 mm
Usia peralatan	3 tahun
Jenis material	Carbon Steel
Desain tekanan	138 barg
Desain temperature	170°C
Ketebalan awal	15,08 mm
Ketebalan terkini	14,326 mm
<i>Corrosion Allowance</i>	0,012 mm
Jumlah pipa	10 pipa



Gambar 2.2. Diagram alir perhitungan nilai risiko dan umur sisa.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Probability of Failure

Untuk menghitung nilai PoF berdasarkan API RBI 2008, besar nilai PoF ditentukan dari dua komponen yaitu besar *generic failure frequency* dan *damage factor* dari objek penelitian. Nilai *generic failure frequency* (*gff*) merupakan nilai kesalah umum yang terjadi pada masing-masing jenis peralatan dan hal ini telah distandarkan dalam API RBI 2008. Secara umum, *failure frequency* dihitung berdasarkan berbagai kerusakan yang menyebabkan korosi, erosi, kerusakan lainnya (Jung Kwan Soe, et al 2015). Nilai *gff* untuk separator ditunjukkan oleh tabel 3.1., sedangkan untuk *after cooler* ditunjukkan oleh tabel 3.2. Selanjutnya, menghitung nilai *damage factor* berdasarkan *Technical Module Sub Factor* (TMSF) untuk setiap mekanisme kerusakan yang dialami perlatan tersebut. Berdasarkan data peralatan yang telah diperoleh dapat diketahui bahwa mekanisme kerusakan yang terjadi hanya disebabkan oleh serangan korosi internal / *thinning* dan korosi eksternal, sedangkan

mekanisme kerusakan seperti CUI, HTHA, *brittle fracture* dan *fatigue* dianggap tidak terjadi. Sehingga, *damage factor* (*Df*) total dari separator dan pipa pada *after cooler* hanya dipengaruhi oleh nilai TMSF *thinning* saja. Nilai *Df* untuk separator dan pipa pada *after cooler* ditunjukkan oleh Tabel 3.3.

Tabel 3.1. *Generic failure frequency* untuk separator.

Kode peralatan	212-V-01			
Tipe komponen	KODRUM			
Ukuran lubang (inch)	Kecil (1/4 in.)	Sedang (1 in.)	Besar (4 in.)	Pecah (16 in.)
<i>gff</i> ( <i>failure/year</i> )	$8 \times 10^{-6}$	$25 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-7}$
<i>gff total</i> ( <i>failure/year</i> )	$356 \times 10^{-7}$			

Tabel 3.2. *Generic failure frequency* untuk *after cooler*.

Kode peralatan	213-H-02			
Tipe komponen	PIPE-8			
Ukuran lubang (inch)	Kecil (1/4 in.)	Sedang (1 in.)	Besar (4 in.)	Pecah (16 in.)
<i>gff</i> ( <i>failure/year</i> )	$8 \times 10^{-6}$	$20 \times 10^{-6}$	$2 \times 10^{-6}$	$6 \times 10^{-7}$
<i>gff total</i> ( <i>failure/year</i> )	$306 \times 10^{-7}$			

Tabel 3.3. Hasil perhitungan *damage factor* dari separator dan *after cooler*.

Kode Peralatan	Separator		<i>After Cooler</i>
	( <i>Shell</i> )	( <i>Head</i> )	
Nomor Inspeksi	E	E	E
Temperatur Operasi (°C)	70	70	175
Tekanan Operasi (psi)	2001,52	2001,52	2001,52
$A_{rt}$ <i>Thinning</i>	3,46	3,46	0,251
$A_{rt}$ <i>External Corrosion</i>	0	0	0
<i>Df Thinning</i>	0	0	0
<i>Df CUI</i>	1	1	1
<i>Df HTHA</i>	0	0	0
<i>Df External Corrosion</i>	1	1	1
<i>Df Brittle Fracture</i>	0	0	0
<i>Df Fatigue</i>	0	0	0
<i>Df Total</i>	2	2	2

### 3.2 Consequence of Failure

Perhitungan konsekuensi yang dilakukan dalam penelitian ini merupakan perhitungan konsekuensi area kebakaran dari peralatan itu sendiri. Perhitungan konsekuensi ini dimulai dari menentukan laju kebocoran fluida, banyaknya fluida yang keluar, dan menghitung konsekuensi area berdasarkan tahapan perhitungan yang diatur dalam dokumen API RBI 2008.

#### 3.2.1 Menentukan Laju Kebocoran

Untuk menentukan laju kebocoran fluida perlu diketahui *representative fluid* pada peralatan yang diinspeksi. Jenis fluida yang terkandung di dalam separator dan *after cooler* ialah gas metan (C1). Selanjutnya dihitung laju kebocoran untuk setiap ukuran lubang. Ukuran lubang yang digunakan terbagi menjadi 4 jenis yaitu kecil (1/4 in.), sedang (1 in.), besar (4 in.), dan pecah (16 in.). Terdapat dua jenis laju kebocoran gas yaitu *sonic* dan *subsonic* yang dibedakan berdasarkan perbandingan nilai tekanan *storage* ( $P_s$ ) dan tekanan





transisi ( $P_{trans}$ ). Laju kebocoran gas *sonic* memiliki nilai  $P_s$  lebih besar dibandingkan dengan  $P_{trans}$  dan sebaliknya. Hasil perhitungan nilai laju kebocoran ditunjukkan pada Tabel 3.5.

Tabel 3.4. *Representative fluid* dari separator dan *after cooler*

Peralatan	Kode Peralatan	<i>Representative Fluid</i>
Separator	212-V-01	C1 – C2
<i>After cooler</i>	213-H-02	C1 – C2

Table 3.5. Besar laju pelepasan pada separator dan pipa pada *after cooler*.

Peralatan	Ukuran Lubang			
	Kecil ( ¼ in.)	Sedang (1 in.)	Besar (4 in.)	Pecah (16 in.)
Separator	41,07 lb/s	657,11 lb/s	10.513,74 lb/s	168.219,89 lb/s
Pipa ( <i>after cooler</i> )	26,037 lb/s	416,59 lb/s	6.665,51 lb/s	106.648,18 lb/s

### 3.2.2 Menentukan Massa Fluida yang Tersedia

Perlu diketahui massa fluida yang tersedia pada sebuah peralatan yang diinspeksi untuk mengetahui jumlah fluida yang keluar jika terjadi kebocoran pada peralatan tersebut. Total fluida yang tersedia pada separator ditunjukkan oleh Tabel 3.6., sedangkan untuk pipa pada *after cooler* ditunjukkan oleh Tabel 3.7.

Tabel 3.6. Total fluida yang tersedia pada separator.

Massa fluida pada komponen	50.407.289,03 lbs			
Massa fluida total	51.425.658,59 lbs			
Massa fluida yang tersedia	<b>Kecil (1/4 in.)</b>	<b>Sedang (1 in.)</b>	<b>Besar (4 in.)</b>	<b>Pecah (16 in.)</b>
	50.414.681,51 lbs	50.525.568,65 lbs	51.425.658,59 lbs	51.425.658,59 lbs

Tabel 3.7. Total fluida yang tersedia pada pipa *after cooler*.

Massa fluida pada komponen	850.821,11 lbs			
Massa fluida total	8.508.211,10 lbs			
Massa fluida yang tersedia	<b>Kecil (1/4 in.)</b>	<b>Sedang (1 in.)</b>	<b>Besar (4 in.)</b>	<b>Pecah (16 in.)</b>
	855.507,79 lbs	925.808,11 lbs	2.050.163,18 lbs	5.655.720,88 lbs

### 3.2.3 Nilai Konsekuensi

Tahap terakhir adalah menentukan konsekuensi dari ketebakaran dan ledakan yang diakibatkan oleh kerusakan peralatan. Konsekuensi yang dihitung berupa konsekuensi area yang disebabkan oleh keterbakaran komponen dan keterbakaran peralatan itu sendiri. Besar konsekuensi area dihitung berdasarkan API RBI 2008. Nilai konsekuensi akhir yang diperoleh ditunjukkan pada Tabel 3.8.

Tabel 3.8. Hasil perhitungan konsekuensi area komponen dan konsekuensi area akibat cedera personal dari separator dan *after cooler*.

Peralatan	Separator	<i>After Cooler</i>
<b>Konsekuensi Area Komponen (<math>CA_{cmd}^{flam}</math>)</b>	134,34 ft <sup>2</sup>	54,49 ft <sup>2</sup>
<b>Konsekuensi Area Komponen (<math>CA_{inj}^{flam}</math>)</b>	134,34 ft <sup>2</sup>	54,49 ft <sup>2</sup>
<b>Konsekuensi kegagalan akhir</b>	134,34 ft <sup>2</sup>	54,49 ft <sup>2</sup>



### 3.3 Menentukan Peringkat Risiko

Peringkat risiko ditentukan dari nilai PoF dan CoF yang telah diketahui yang selanjutnya dikonversi menggunakan tabel konversi yang diatur pada API RBI 2008. Nilai risiko akan bertambah besar seiring bertambahnya nilai PoF dan/atau CoF (Bai and Bai, 2014). Berdasarkan nilai PoF dan CoF yang telah dihitung, diperoleh nilai risiko untuk separator dan *after cooler*.

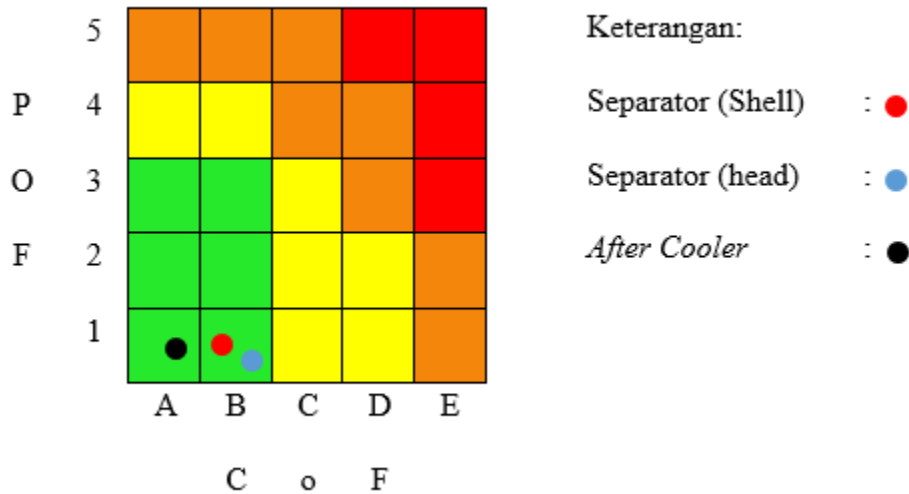
a. Separator

Diketahui nilai faktor kerusakan akibat penipisan/korosi pada peralatan adalah 1 maka hasil konversi PoF adalah 1, sedangkan nilai CoF akhir yang diperoleh adalah 134.34,68 ft<sup>2</sup> maka hasil konversi CoF adalah B. Sehingga separator memiliki nilai risiko sebesar 1B yang berada pada daerah *low risk* atau risiko rendah.

b. *After Cooler*

Diketahui nilai faktor kerusakan akibat penipisan/korosi pada peralatan adalah 1 maka hasil konversi PoF adalah 1, sedangkan nilai CoF akhir yang diperoleh adalah 54,49 ft<sup>2</sup> maka hasil konversi CoF adalah A. Sehingga *after cooler* memiliki nilai risiko sebesar 1A yang berada pada daerah *low risk* atau risiko rendah.

Jika dilihat berdasarkan matriks risiko maka hasilnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1. Matriks risiko dari separator dan *after cooler*.

### 3.4 Menghitung Umur Sisa

Perhitungan umur sisa dihitung menggunakan persamaan (3.1) yang merupakan perbandingan antara nilai ketebalan material pada saat inspeksi dengan laju korosi yang terjadi pada peralatan tersebut.

$$RL = \frac{t_{actual} - t_{min}}{C_r} \quad (3.1)$$

$t_{actual}$  adalah nilai ketebalan pada saat inspeksi dilakukan,  $t_{min}$  adalah nilai ketebalan minimum peralatan yang ditentukan berdasarkan jenis peralatan, dan  $C_r$  merupakan nilai laju korosi. Nilai  $t_{min}$  untuk separator terbagi atas tiga bagian yaitu bagian *shell*, *head1* dan *head2*. Perhitungan nilai  $t_{min}$  ditunjukkan oleh persamaan 3.2. (Manning S, et al).

$$t_{min\_shell} = \frac{P}{S} \frac{R}{E} \frac{0,6}{P} \quad (3.2 a)$$



$$t_{\min\_head} = \frac{P D_o}{2 S E 0,2 P} \quad (3.2 b)$$

Persamaan (3.2 a) digunakan untuk menghitung nilai ketebalan minimum dari bagian *shell* sedangkan untuk menghitung ketebalan minimum bagian *head1* dan *head2* menggunakan persamaan (3.2 b), dengan  $P$  merupakan tekanan operasi dari separator,  $R$  adalah radius dari *shell*,  $S$  merupakan nilai *allowable stress* dari separator,  $D_o$  merupakan diameter *shell* separator, dan  $E$  merupakan faktor kualitas dari sambungan atau lasan (*weld*).

Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh besar  $t_{\min}$  separator bagian *shell*

$$t_{\min\_shell} = 113mm$$

dan bagian *head*

$$t_{\min\_head1} = 107,66mm$$

Oleh karena bagian *head1* dan *head2* sama maka besar ketebalan minimum *head1* sama dengan *head2* yaitu 107,66 mm. Selanjutnya dihitung pula umur sisa dari separator yang terbagi atas tiga bagian, dengan hasil perhitungan sebagai berikut.

Untuk bagian *shell*:

$$RL_{shell} = \frac{t_{actual} t_{\min\_shell}}{C_r}$$

$$RL_{shell} = 24,45tahun$$

Untuk bagian *head*:

$$RL_{head1} = \frac{t_{actual} t_{\min\_head1}}{C_r}$$

$$RL_{head1} = 25,99tahun$$

Untuk menghitung nilai  $t_{\min}$  *after cooler* digunakan persamaan (4.3).

$$t_{\min\_pipa} = \frac{P D}{2 (S E + P Y)} \quad (4.3)$$

dengan  $Y$  merupakan koefisien yang diperoleh dari dokumen ASME B31.1. Setelah dilakukan perhitungan, diperoleh besar nilai  $t_{\min}$  *after cooler* adalah sebagai berikut.

$$t_{\min\_pipe} = 10,54mm$$

Selanjutnya menghitung umur sisa dari pipa *after cooler* dengan menggunakan persamaan (4.1) dan diperoleh hasil sebagai berikut.

$$RL_{pipe} = \frac{t_{actual} t_{required}}{C_r}$$

$$RL_{pipe} = 15,08tahun$$

### 3.5 Menentukan Jadwal Inspeksi

Jadwal inspeksi dapat dibuat mengikuti aturan dari API RBI dan dapat juga dilihat berdasarkan dokumen API 570 dan 510. Oleh karena mekanisme kerusakan terjadi akibat korosi internal maupun eksternal, perencanaan jadwal inspeksi akan dihitung berdasarkan nilai progres pengurangan ketebalan separator dan *after cooler*.

Tabel 3.9., Tabel 3.10., dan Tabel 3.11. berturut-turut menunjukkan hasil perbandingan *plan* untuk jadwal inspeksi berikutnya untuk separator bagian *shell*, bagian *head*, dan *after cooler* berdasarkan dokumen API RBI 2000. Angka 2 merupakan hasil *damage factor thinning* dan *external corrosion*. Nilai 2/2 menunjukkan nilai *damage factor* sebelum dan



sesudah inspeksi. Dapat dilihat pula dari keempat pilihan *plan* yang tersedia tidak menunjukkan perubahan *damage factor* hingga tahun ke 18, sehingga *plan 1* hingga *plan 4* tidak efektif untuk diterapkan.

Tabel 3.9. Perbandingan *plan* yang tersedia pada dokumen API RBI 2000 untuk separator bagian *shell*.

Umur (tahun)	<i>Plan 1</i>	<i>Plan 2</i>	<i>Plan 3</i>	<i>Plan 4</i>
3 ( <i>starting point</i> )	2	2	2	2
6	2/2			2/2
9	2/2	2/2	2/2	2/2
12	2/2			2/2
15	2/2	2/2	2/2	2/2
18	2/2			2/2
21	2/2	2/2	2/2	2/2
24	2/2			2/2
27	2/2	6/2	2/2	2/2
30	2/650			2/650
33	2/1080	2/1080	2/1080	2/1080

Tabel 3.10. Perbandingan *plan* yang tersedia pada dokumen API RBI 2000 untuk separator bagian *head*.

Umur (tahun)	<i>Plan 1</i>	<i>Plan 2</i>	<i>Plan 3</i>	<i>Plan 4</i>
3 ( <i>starting point</i> )	2	2	2	2
6	2/2			2/2
9	2/2	2/2	2/2	2/2
12	2/2			2/2
15	2/2	2/2	2/2	2/2
18	2/2			2/2
21	2/2	2/2	2/2	2/2
24	2/2			2/2
27	2/2	4/2	2/2	2/2
30	2/32			2/32
33	2/944	2/944	2/944	2/944

Tabel 3.11. Perbandingan *plan* yang tersedia pada dokumen API RBI 2000 untuk *after cooler*.

Umur (tahun)	<i>Plan 1</i>	<i>Plan 2</i>	<i>Plan 3</i>	<i>Plan 4</i>
3 ( <i>starting point</i> )	2	2	2	2
6	2/2			2/2
9	2/2	2/2	2/2	2/2
12	2/2			2/2
15	2/2	2/2	2/2	2/2
18	2/2			2/2
21	2/340	2/340	2/340	2/340

Mengacu pada dokumen API 510 tentang *pressure vessel inspector*, diketahui bahwa perhitungan jadwal inspeksi berdasarkan nilai risiko dan umur sisa ditunjukkan oleh persamaan (4.4) hingga (4.6)

$$\text{Low Risk} = 100\% \times RL \quad (4.4)$$

$$\text{Medium Risk} = 75\% \times RL \quad (4.5)$$



$$\text{High Risk} = 50\% \times \text{RL} \quad (4.6)$$

Berdasarkan persamaan tersebut diketahui jadwal inspeksi berikutnya untuk separator akan dilakukan 100% dari umur sisa yaitu 24,45 tahun untuk *shell* dan 25,99 tahun untuk *head1* dan *head2*. Begitu pula dengan *after cooler* yang akan dilakukan 100% dari umur sisa yaitu 15,08 tahun. Namun atas dasar ketentuan API 570, jadwal inspeksi maksimum dilakukan adalah 10 tahun, sehingga *after cooler*, separator bagian *head* dan *shell* akan diinspeksi 10 tahun yang akan datang, yaitu pada tahun 2026.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### a. Kesimpulan

Telah dilakukan analisis risiko berdasarkan dokumen API RBI 2008 untuk separator dan *after cooler* dan diperoleh hasil sebagai berikut:

1. Mekanisme kerusakan yang paling dominan adalah korosi internal (*metal thinning*).
2. Nilai risiko untuk separator *shell* adalah 1B (risiko rendah), separator *head* adalah 1A (risiko rendah).
3. Umur sisa dari separator *shell* adalah 24,45 tahun, separator *head1* dan *head2* adalah 25,99 tahun dan pipa *after cooler* adalah 15,08 tahun.
4. Jadwal inspeksi selanjutnya untuk separator dan *after cooler* adalah 10 tahun mendatang atau pada tahun 2026.

##### 4.2. Saran

Akan lebih baik bila dibuat *software* yang dapat menghitung nilai risiko pada peralatan LNG Plan, sehingga hasil yang diperoleh akan lebih akurat.

#### Daftar Pustaka

- API 510. June. 2006. *Pressure Vessel Inspection Code: In-Service Inspection, Rating, Repair, and Alteration, 9<sup>th</sup> Edition*.
- API 570. February. 2016. *Piping Inspection Code: In-service Inspection, Rating, Repair, and Alteration of Piping Systems, 4<sup>th</sup> Edition*.
- API RP 581. May. 2000. *Risk-Based Inspection, 1<sup>st</sup> edition*. API Publishing Services: Washington D.C.
- API RP 581. Sept. 2008 *Risk-Based Inspection Technology, 2<sup>nd</sup> edition*. API Publishing Services: Washington D.C.
- Bai, Y., Bai, Q., 2014. *Subsea pipelines integrity and risk management*, 1<sup>st</sup> ed. Elsevier Science, MA, USA.
- Jung Kwan Seo, Yushi Cui, Mohd Hairil Mohd, Yeon Chul Ha, Bong Ju Kim. A risk-based inspection planning method for corroded subsea pipelines. *Ocean engineering* 109, 2015. Elsevier science.
- Kelvion, 2016, *Air Cooled Heat Exchanger Individual Solution*, akses, 22 Juni 2016, URL: <http://www.kelvion.com>
- Manning S. Francis dan Tomson R.E, *Natural Gas*. Pennwell Books: Oklahoma
- Paddiyatu, F., 2011, *Tugas Akhir: Perhitungan kuantitatif Risk Based Inspection berdasarkan API 581 pada pipeline production line di Duri field*, Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pangeran Diponegoro, Semarang.
- Stewart M and Arnold Ken. *Gas-Liquid and Liquid-Liquid Separators*. Elsevier Inc: UK
- The American Society of Mechanical Engineers (ASME). 2001. *ASME Sect VIII Div 1: Rules for Construction of Pressure Vessel 2001 Edition*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.



# Fabrikasi 3d Makropori *Bone-Scaffold* Komposit *Bovine Hydroxyapatite*-Magnesium Oksida Melalui Metode *Indirect Fused Deposition Modeling*

DYH. Kumarajati<sup>1</sup>, MK. Herliansyah<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Minat Studi Rekayasa Biomedis, Sekolah Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Email: hubbyama@gmail.com

## Intisari

*Makropori bone scaffold komposit hydroxyapatite-magnesium oksida dihasilkan dengan menggunakan metode indirect fused deposition modeling. Bovine hydroxyapatite didoping dengan MgO untuk meningkatkan kinetika sintering dan meningkatkan kekuatan mekanisnya. Efek dari penambahan MgO pada densitas dari komposit BHA-MgO dikaji dalam penelitian ini. Tiga jenis desain bone scaffold hasil fabrikasi diuji tekan dalam uniaxial compressive loading. Hasil penelitian menunjukkan bahwa desain scaffold BG1b-90a menghasilkan kekuatan tekan tertinggi dibandingkan kedua desain lainnya. XRD dan FTIR digunakan untuk menganalisa kemurnian fasa dan kandungan gugus fungsi dari bone scaffold yang dihasilkan.*

*Kata kunci: bone scaffold, komposit, FDM, hydroxyapatite.*

## 1. Pendahuluan

*Bone defect* atau kerusakan (cacat) tulang dapat terjadi karena benturan fisik akibat kecelakaan, kanker tulang, dan cacat bawaan lahir (Kalita *et al*, 2003). Untuk kasus *defect* yang besar dibutuhkan suatu media yang mampu menambal/melengkapi jaringan tulang yang hilang tersebut dengan bentuk, ukuran, porositas, dan kekuatan mekanis yang sesuai dengan tulang yang hilang (Bose *et al*, 2012). Media yang digunakan untuk rekonstruksi pada kasus *defect* besar dinamakan *scaffold/bone scaffold* (Abdellal dan Darwish, 2011).

Hydroxyapatite (HA;  $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ ) merupakan material yang biasa digunakan sebagai material *bone scaffold* karena bersifat *non-toxic*, *non-inflammatory*, *non-immunogenic*, dan *bioactive* (Murugan dan Ramakrishna, 2004). HA juga memiliki struktur kristal yang sama dengan material anorganik dari tulang itu sendiri (Aoki, 1991; Barakat *et al*, 2008; dan Cunningham *et al*, 2011). Meskipun begitu, HA merupakan material yang memiliki kekuatan mekanis yang buruk dan memiliki ketahanan yang rendah terhadap *crack-growth propagation* (Kalita dan Ferguson, 2006). Penambahan sintering aditif merupakan metode yang sederhana untuk meningkatkan densifikasi dan kekuatan mekanis dari HA ini (Oktar *et al*, 2007). Selain mampu meningkatkan kekuatan mekanis dari HA, MgO juga berpengaruh terhadap sifat bioaktivitas dari HA, proses mineralisasi jaringan tulang, proses kristalisasi apatit, destabilisasi HA, dan konversi termal HA menjadi  $\beta$ -*tricalcium phosphate* (Song *et al*, 2011).

Untuk mendapatkan *bone scaffold* dengan bentuk, ukuran, porositas yang menyerupai tulang yang digantikan, dibutuhkan metode *Solid freeform fabrication* (SFF), seperti *three-dimensional printing* (3DP), *robocasting*, *fused deposition* dan *stereolithography*. Metode ini berbasis *computer-aided design* yang menghasilkan struktur dengan pola yang telah ditentukan dengan ukuran dan geometri pori yang dikendalikan (Simon, 2007).

## 2. Bahan dan Metode

*Bovine hydroxyapatite* (BHA) dengan rata-rata ukuran partikel 47  $\mu\text{m}$  didapatkan dari pemrosesan bahan baku alami berupa tulang sapi (Herliansyah *et al*, 2012). BHA ini kemudian dicampur dengan Magnesium oksida (MgO, PT Brataco, U.S.P, kemurnian 96,9%) dengan

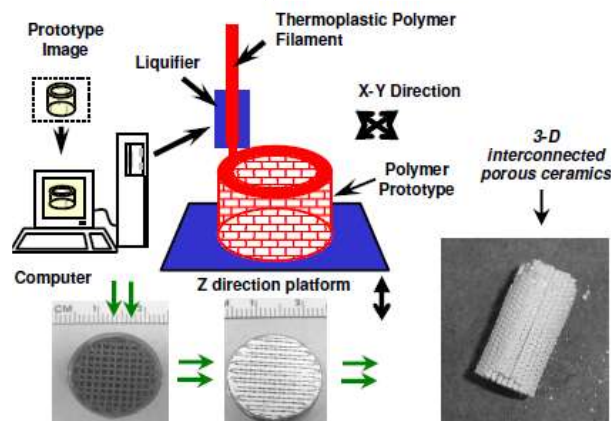


kandungan 0, 1, 2, 3, 4, 5% dari berat total. Serbuk komposit ini kemudian dicampur dengan *distilled water* (CV. General Labora) dan menghasilkan pasta, yang kemudian diinjeksikan ke dalam cetakan ( $n=3$ , Silindris,  $\varnothing 15\text{mm}$ , Tinggi = 6mm), sehingga didapatkan *greenbody*. *Greenbody* kemudian dikeringkan selama 24 jam dalam suhu ruang dan diikuti dengan sintering pada suhu  $1250^\circ\text{C}$ , dengan kenaikan suhu  $5^\circ\text{C}/\text{menit}$ , dan ditahan selama 120 menit (Herliansyah *et al*, 2012). *Pellet* komposit yang dihasilkan kemudian diuji densitas dengan menggunakan metode archimides. Persentase berat MgO yang menghasilkan nilai densitas tertinggi akan digunakan sebagai acuan dalam pembuatan *bone scaffold* dan pengujian XRD dan FTIR.

## 2.1 Fabrikasi *bone scaffold* komposit BHA-MgO melalui Indirect Fused Deposition Modeling.

*Rapid prototyping* (RP) merupakan teknik yang telah berhasil menghasilkan *scaffold* berpori 3 dimensi dengan geometri yang kompleks dan memiliki porositas yang saling interkoneksi. *Fused deposition modeling* (FDM) merupakan salah satu teknik RP yang menghasilkan benda 3D lapis demi lapis dari data *computer aided design* (CAD) (Kalita dan Ferguson, 2006). Untuk fabrikasi makropori *bone scaffold* komposit BHA-MgO dilakukan dengan menggunakan metode *Indirect fused deposition modeling* (iFDM). Metode iFDM memanfaatkan material polimer yang dihasilkan dalam proses FDM sebagai cetakan negatif. Cetakan polimer tersebut kemudian diinjeksi pasta komposit BHA-MgO dan dilanjutkan dengan proses penghilangan material polimer cetakan dan *sintering* untuk menghasilkan *bone scaffold* komposit BHA-MgO padat (Gambar 1).

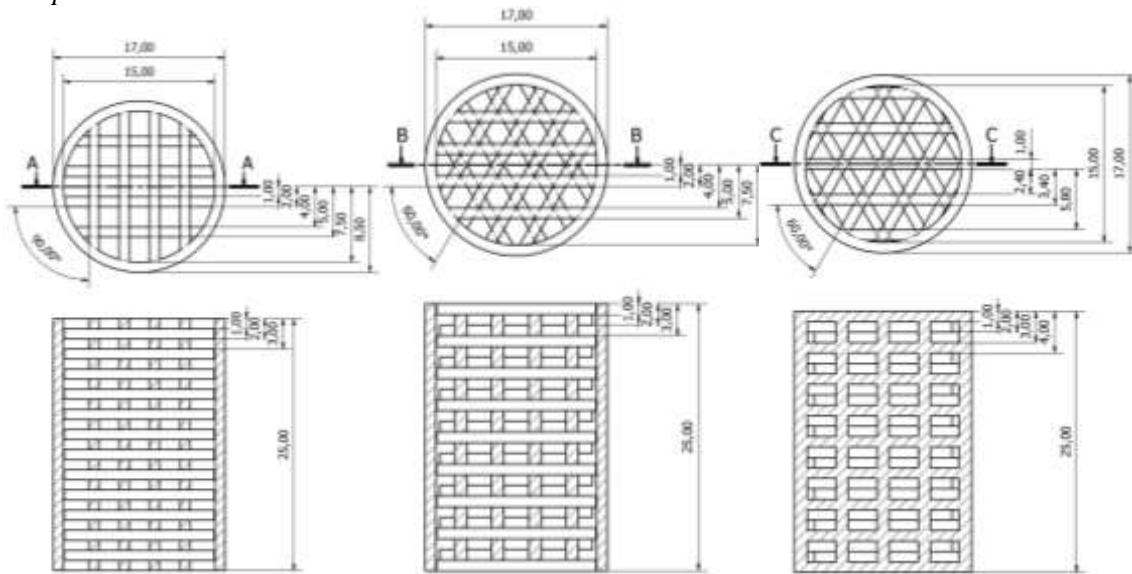
Cetakan polimer silinder didesain dan dikembangkan menggunakan *computer aided modeling* (inventor 2008) dan difabrikasi menggunakan metode FDM pada printer 3D merk ROBO 3D dengan menggunakan *filament* polimer berupa polimer PLA komersial. Dalam proses pengembangan cetakan polimer ini dibatasi untuk menghasilkan *bone scaffold* dengan ukuran pori 1 mm, porositas  $\pm 22\%$ , diameter  $\varnothing 15$  mm dan tinggi 25 mm. Dalam penelitian ini akan dibandingkan 3 jenis desain arsitektur *bone scaffold* (Gambar 2).



Gambar 1. Skema dari *Indirect FDM* (Kalita dan Ferguson, 2006)

Pasta komposit BHA-MgO dihasilkan dengan mencampur serbuk komposit BHA-MgO dengan *distilled water* dengan perbandingan 10gr serbuk komposit dicampur dengan 4ml *distilled water* dan dicampur secara manual. Pasta ini kemudian diinjeksikan kedalam tiga desain cetakan polimer dengan menggunakan *sprit* yang telah dimodifikasi. Cetakan polimer yang telah diisi pasta komposit kemudian dikeringkan dalam suhu ruang selama 24 jam dan diikuti dengan proses *sintering* pada suhu  $1250^\circ\text{C}$ , dengan kenaikan suhu  $5^\circ\text{C}/\text{menit}$ , dan ditahan selama 120 menit. Empat sampel *bone scaffold* untuk masing-masing desain kemudian diuji tekan, untuk mengetahui kekuatan tekan dari masing-masing desain. Uji tekan ini dilanjutkan dengan analisis

76statistic berupa ANAVA dengan *confidence level* sebesar 99% ( $\alpha = 0,01$ ) dan tukey's *multiple comparisons*.



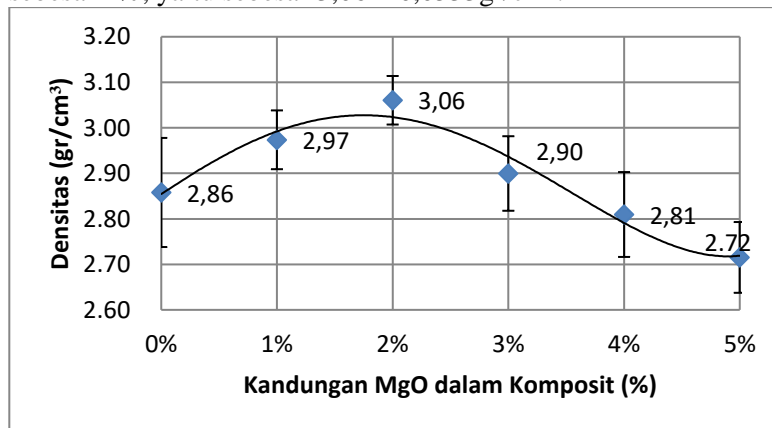
Gambar 2. Desain 3D dari cetakan *bone scaffold*. Nama data A. Molds-BG1b-90a, B. Molds-BG1b-90b, C. Molds-BG1b-90c (dimensi dalam ukuran millimeter).

Teknik *X-ray diffraction* (XRD) digunakan untuk mempelajari efek MgO (sebagai *sintering* aditif) pada transformasi fasa dari BHA. Alat yang digunakan untuk uji XRD ini adalah *X-Ray Diffractometer Shimadzu XRD-6000* dengan target *X-Ray tube* adalah Cu, tegangan 40kV, dan arus 30mA. Sedangkan untuk mengetahui kandungan gugus fungsi dari *bone scaffold* komposit BHA-MgO dilakukan pengujian *fourier transform infra red* (FTIR) dengan menggunakan alat FTIR *Spectrophotometer 8201PC*, Shimadzu. Sampel serbuk yang digunakan untuk kedua pengujian ini didapatkan dengan menghancurkan *bone scaffold* komposit BHA-MgO yang telah disintering. *bone scaffold* tersebut dihancurkan dengan mortar secara manual.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Pengaruh MgO terhadap Komposit BHA-MgO

Tiga sampel silinder untuk masing-masing kandungan MgO diuji densitas, sehingga didapatkan nilai densitas rata-rata untuk setiap komposisi MgO (0-5%). Hasil uji densitas tersebut tertera pada Grafik pengujian densitas pada Gambar 3. Nilai densitas tertinggi dihasilkan oleh kandungan MgO sebesar 2%, yaitu sebesar  $3,06 \pm 0,0533 \text{ gr/cm}^3$ .

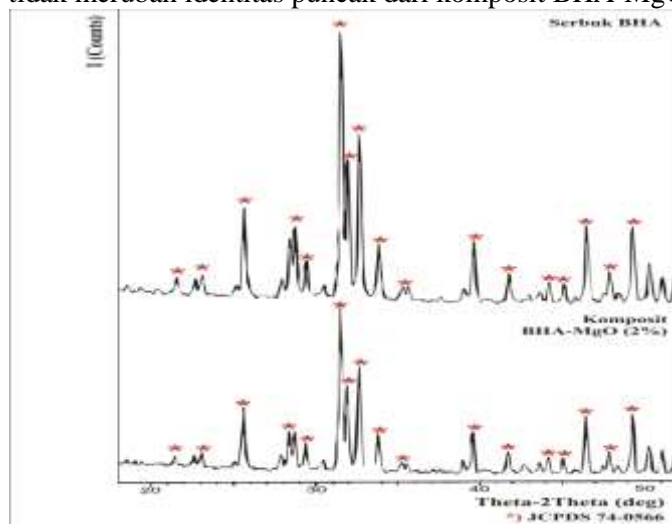


Gambar 3. Grafik hasil pengujian densitas.



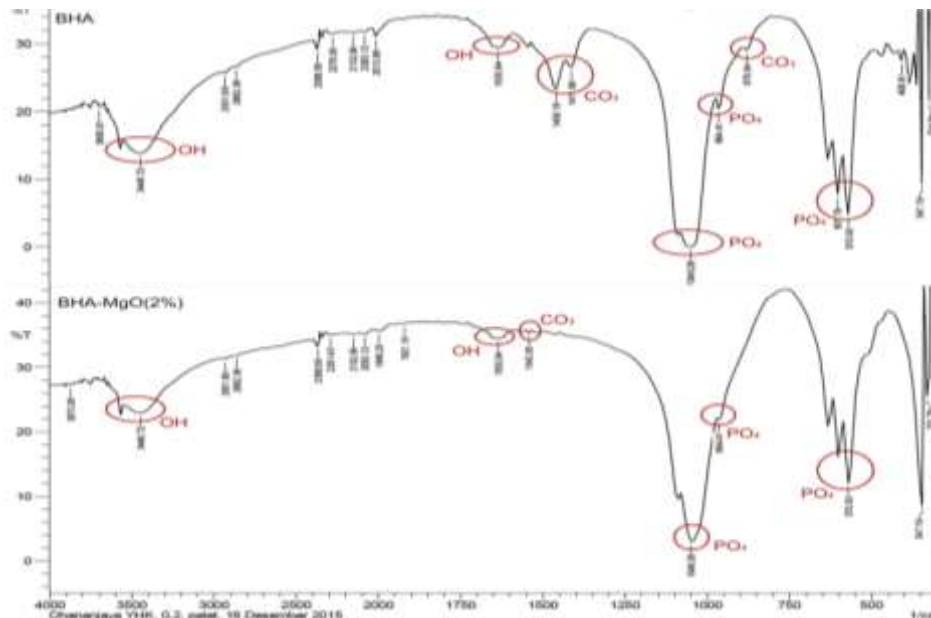
Pada Gambar 3 nilai densitas semakin meningkat hingga komposisi berat MgO yang ditambahkan adalah 2%, setelah itu mengalami penurunan. Oktar *et al* (2007) menyebutkan bahwa fenomena/pola ini terjadi karena terbentuknya *glassy phase* pada saat proses sintering. Setelah melewati komposisi 2%, nilai densitas dan kekuatan tekannya menurun. Hal ini disebabkan karena meningkatnya kandungan *glassy phase* pada komposit. Kandungan *glassy phase* yang tinggi akan meningkatkan kecenderungan timbulnya *microcracking* pada *glassy phase*. *Microcracking* inilah yang mengurangi nilai densitas dari benda uji (Ashby, 1999; Anggono, 2005). Dari hasil pemaparan tersebut diketahui komposisi kandungan MgO terbaik adalah pada kandungan MgO sebanyak 2%, karena mampu meningkatkan densitas komposit BHA-MgO. Komposisi ini yang kemudian menjadi dasar dalam pembuatan *bone scaffold*.

Dua sampel serbuk diuji XRD, sampel serbuk pertama adalah serbuk BHA, sedangkan sampel serbuk kedua adalah serbuk komposit BHA-MgO (2% berat) yang didapat dari menghancurkan *bone scaffold* yang telah difabrikasi. Hasil uji XRD kedua sampel tersebut kemudian dibandingkan dengan data pola puncak XRD milik *hydroxyapatite* (JCPDS 74-0566) (Gambar 4). Hasil uji XRD (Gambar 4) menunjukkan bahwa penambahan *sintering* aditif berupa MgO menurunkan intensitas dari pola puncak XRD komposit BHA-MgO. Turunnya intensitas menunjukkan berkurangnya tingkat kristalisasi dari komposit BHA-MgO bila dibandingkan dengan serbuk BHA. Oktar *et al* (2007) menyebutkan bahwa penurunan nilai kristalisasi dari komposit dikarenakan oleh terbentuknya *glassy phase* yang bersifat amorf pada komposit BHA-MgO. Sehingga hasil uji XRD ini membuktikan bahwa pada komposit BHA-MgO terbentuk *glassy phase* yang ditandai dengan menurunnya tingkat kristalisasi komposit. Gambar 4 juga menunjukkan bahwa kedua sampel memiliki identitas puncak difraksi yang sama dengan yang dimiliki oleh *hydroxyapatite* (JCPDS 74-0566). Hal ini memperlihatkan bahwa penambahan *sintering* aditif (MgO) tidak merubah identitas puncak dari komposit BHA-MgO.



Gambar 4. Pola XRD dari sampel yang dibandingkan dengan standar pola JCPDS 74-0566 (a. serbuk BHA, b. serbuk komposit BHA-MgO, \* data pola puncak *hydroxyapatite* (JCPDS 74-0566). Penambahan MgO mengurangi intensitas puncak difraksi, tetapi tidak merubah identitas pola puncak.

Apabila melihat perbandingan pola spektroskopi FTIR pada Gambar 5, pola spektroskopi untuk bahan uji BHA dan Komposit (BHA-MgO 2%) tidak berbeda signifikan, bahkan ada beberapa puncak untuk gugus fungsi tertentu yang memiliki nilai bilangan gelombang yang sama. Hal ini menunjukkan bahwa BHA yang dihasilkan dan Komposit memiliki identitas HA yang sama dengan Sigma HA. Serta, hal ini membuktikan bahwa penambahan MgO sebanyak 2% tidak merubah identitas HA.



Gambar 5. Pola FTIR dari serbuk BHA dan serbuk komposit BHA-MgO (2% berat)

### 3.2 Fabrikasi Bone Scaffold

*Bone scaffold* yang dihasilkan melalui metode *indirect fused deposition modeling* (iFDM) ditunjukkan pada Gambar 6. Pada penelitian ini juga membandingkan kekuatan tekan dari tiga *bone scaffold* yang dihasilkan dari tiga desain cetakan polimer (Gambar 2). Empat sampel dari masing desain cetakan diuji tekan menggunakan mesin uji tekan (*computer servo control material testing machine*). Dari hasil pengujian tekan didapatkan nilai rata-rata kekuatan tekan tertinggi terdapat pada desain BG1b-90a, yaitu sebesar  $1.65 \pm 0.2359$  MPa (Gambar 7). Sedangkan desain BG1b-90b memiliki kekuatan tekan sebesar  $0.945 \pm 0.1240$  MPa dan desain BG1b-90c memiliki rata-rata kekuatan tekan sebesar  $1.31 \pm 0.0476$  MPa. Kekuatan tekan desain BG1b-90a ( $1.65 \pm 0.2359$  MPa) ini termasuk dalam rentang kekuatan tekan tulang *cancellous* manusia yang memiliki kekuatan tekan berkisar 0.5-14,6 MPa (Kalita *et al*, 2006).



Gambar 6. *Bone scaffold* yang dihasilkan melalui metode iFDM

### 3.3 Analisis Statistik

Tabel 1. Hasil ANAVA pengujian tekan *bone scaffold* komposit BHA-MgO

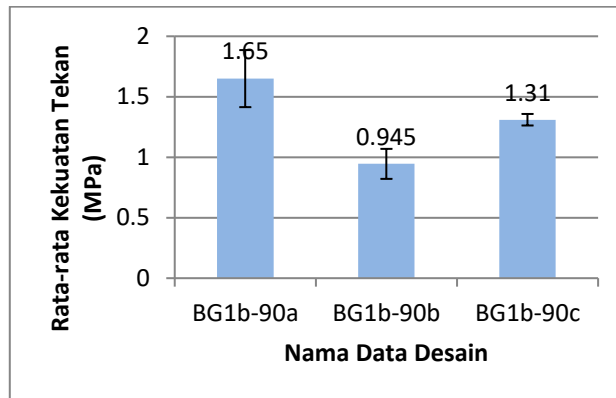
Source	DF	SS	MS	F	P
Desain	2	0,9945	0,4972	20,35	0,000
Error	9	0,2199	0,0244		
Total	11	1,2144			

Hasil perhitungan menggunakan *software* minitab 15 didapatkan hasil yang ditunjukkan pada Tabel 1. Dari hasil tersebut diketahui nilai nilai P sebesar 0.000 (Tabel 1). Nilai  $P = 0.000$ , lebih kecil dari  $\alpha = 0.01$  (*confidence level* = 99%). Hal tersebut mengindikasikan bahwa terdapat

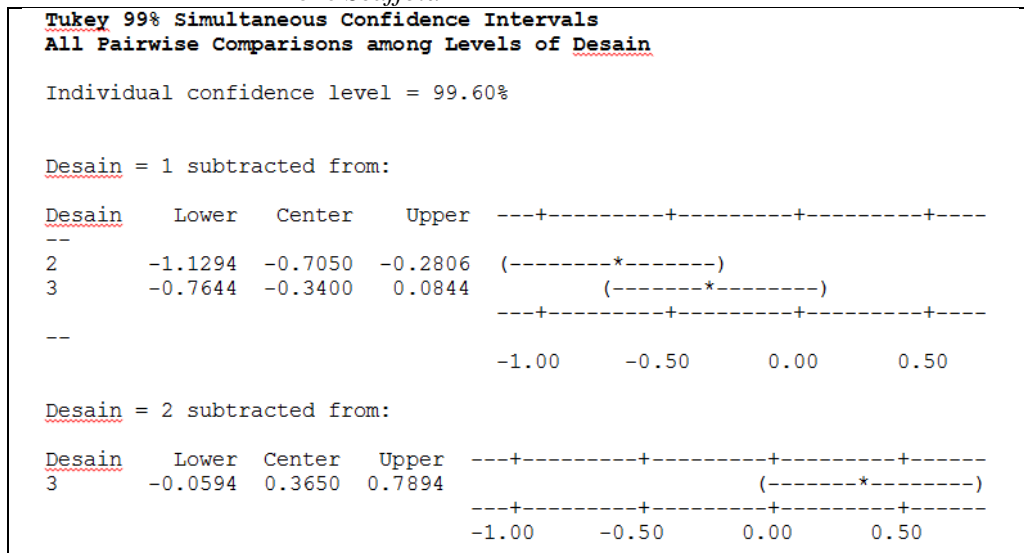
bukti yang cukup bahwa terdapat perbedaan rata-rata nilai kekuatan tekan antar desain. Perbedaan yang terdapat pada rata-rata pengujian kekuatan tekan tersebut ditunjukkan pada hasil perbandingan multipel (*multiple comparisons*). Adapun perbandingan multipel yang dilakukan adalah Tukey's *comparisons* (Gambar 8). Tes Tukey's menyediakan 2 kumpulan perbandingan multipel dari *confidence intervals*, yaitu:

- 1) Rata-rata desain 1 dihilangkan (disubtraksi) dari rata-rata desain 2 dan 3: pada bagian ini rata-rata desain 1 berbeda secara bermakna hanya dengan desain 2, karena *confidence intervals* desain 2 (-1,1294; -0,7050; -0,2806) tidak melewati angka 0.
- 2) Rata-rata desain 2 dihilangkan (disubtraksi) dari rata-rata desain 3: pada bagian ini rata-rata desain 2 tidak berbeda secara bermakna dengan rata-rata desain 3, karena *confidence intervals* dari kombinasi rata-rata desain 3 (-0,0594; 0,3650; 0,7894) mengandung angka 0.

Dari interpretasi hasil analisis statistik pada Tabel 1. dapat disimpulkan bahwa terdapat perbedaan pada rata-rata nilai kekuatan tekan komposit ( $p\text{-value} = 0.000 < \alpha = 0.01$ ). Adapun perbedaan yang bermakna dari kekuatan tekan terdapat pada desain 1 dan desain 2.



Gambar 7. Grafik Batang Nilai Perbandingan Kekuatan Tekan Bone Scaffold



Gambar 8. Tukey's *comparisons* pada tiga desain bone scaffold komposit BHA-MgO

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Makropori *bone scaffold* komposit BHA-MgO telah berhasil difabrikasi menggunakan metode *indirect fused deposition modeling* (iFDM). BHA didoping dengan MgO untuk meningkatkan sintering kinetik dan densitasnya. Kandungan MgO yang menghasilkan nilai densitas tertinggi adalah kandungan/komposisi MgO sebesar 2% berat, yaitu sebesar  $3,06 \pm 0,0533\text{gr/cm}^3$ . Hasil XRD menunjukkan penambahan material aditif (MgO) mengurangi intensitas difraksi (menurunkan tingkat kristalisasi) dari komposit BHA-MgO tapi tidak merubah identitas pola puncak difraksinya, karena memiliki identitas puncak difraksi yang sama dengan standar *hydroxyapatite* (JCPDS 74-0566). Hasil FTIR menunjukkan hasil penambahan material aditif (MgO) tidak merubah gugus fungsi yang terdapat pada BHA. *Bone scaffold* yang dihasilkan dengan menggunakan MgO 2% berat menghasilkan rata-rata nilai kekuatan tekan sebesar 1,65MPa (desain BG1b-90a). Nilai tersebut masih termasuk dalam rentang kekuatan tekan tulang *cancellous* manusia (0,5-14,6 MPa).

#### Daftar Pustaka

- Abdelaal, O.A., Darwish, S.M., 2011, Fabrication of Tissue Engineering Scaffolds Using Rapid Prototyping Technique”, *World Academy of Science, Engineering and Technology*, 59.
- Anggono, Juliana., 2005, “Mullite Ceramics: Its Properties, Structure, and Synthesis”, *Jurnal Teknik Mesin*, 7(1). 1-10.
- Aoki, H., 1991, “Science and Medical Applications of Hydroxyapatite”, *Tokyo: Intitute for Medical and Dental Engineering*. Medical and Dental University.
- Ashby, Michael F., 1999, *Material Selection in Mechanical Design Second Edition*, Oxford, Woburn: Butterworth-Heinemann.
- Barakat, N.A.M., Khalil K.A., Sheik, F.A., Omran, A.M., Gaihre, Babita., Khil, S.M., Kim, Hak Yong., 2008, “Physiochemical Characterizations of Hydroxyapatite Extracted from Bovine Bones by Three Different Methods: Extraction of Biologically Desirable HAp”, *Materials Science and Engineering*, 28. 1381-1387.
- Cunningham E, Dunne N, Clarke S, Choi SY, Walker G, et al., 2011, “Comparative Characterization of 3-D Hydroxyapatite Scaffolds Developed Via Replication of Synthetic Polymer Foams and Natural Marine Sponges”, *J. Tissue Sci Eng*, Doi:10.4172/2157-7552.S1-001.
- Herliansyah, M.K., Muzafar, C., dan Tontowi, A.E., 2012, “Natural Bioceramics Bone Graft: A Comparative Study of Calcite Hydroxyapatite, Gypsum Hydroxyapatite, Bovine Hydroxyapatite and Cuttlefish Shell Hydroxyapatite”. *Proceeding of the Asia Pacific Industrial & Management Systems Conference 2012 V. Kachitvichyanukul, H.T. Luong, and R. Pitakaso Eds*.
- Kalita, S.J., Bose, S., Hosick, H.L., Bandyopadhyay, A., 2003, “Development of Controlled Porosity Polymer-Ceramic Composite Scaffolds via Fused Deposition Modeling”, *Material Science and Engineering*, 23. 611-620.
- Kalita, S.J., Ferguson, M., 2006, “Fabrication of 3D Porous Mg/Zn doped Tricalcium Phosphate Bone-Scaffold via the Fused Deposition Modeling”, *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, 2(2).57-60.
- Murugan, R. and Ramakrishna, S. 2005, “Aqueous Mediated Synthesis of Bioresorbable Nanocrystalline Hydroxyapatite.” *Journal of Crystal Growth*, 274(1-2). 209-213.
- Oktar, F. N., Agathopoulos, S., Ozyegin, L. S., Gunduz, O., Demirkol, N., Bozkurt, Y., & Salman, S., 2007, “Mechanical properties of bovine hydroxyapatite (BHA) composites doped with SiO<sub>2</sub>, MgO, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and ZrO<sub>2</sub>”, *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 18(11).2137-2143.
- Simon, J.L., Michna, S., Lewis, J.A., Rekow, E.D., Thompson, V.P., Smay, J.E., Yampolsky, A., Parsons, J.R., Ricci, J.L. 2007, “*In vivo* Bone Response to 3D Periodic Hydroxyapatite



Scaffolds Assembled by Direct Ink Writing”, *Wiley InterScience*, DOI: 10.1002/jbm.a.31329.

Song, J., Liu, Y., Zhang, Y., Jiao, L., 2011, “Mechanical Properties of Hydroxyapatite Ceramics Sintered from Powder with Different Morphologies”, *Journal Material Science and Engineering A*, 528.5421-5427.



## Perlakuan *Thermal Oxidation* Pada *Commercially Pure Titanium* Hasil Pengecoran Untuk Aplikasi Sendi Lutut Buatan

**Arfan Nur Fadillah, Rini Dharmastiti, Suyitno, Benidictus Tulung Prayoga**

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada

Jalan Grafika 2 Yogyakarta 55281

Telp. (0274)521673

Email: arfan.nur.f@mail.ugm.ac.id

### Intisari

Berangkat dari kebutuhan sendi lutut buatan untuk operasi penggantian sendi lutut total (TKR), dipilihlah material CP-Ti dengan proses manufaktur pengecoran untuk menggantikan komponen femoral. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui spesifikasi kandidat material pengganti sendi lutut buatan yakni CP-Ti hasil cor yang diberi perlakuan *thermal oxidation* (TO), ditinjau dari nilai kekasaran permukaan, kekerasan bahan, dan karakter permukaan. Penelitian ini menggunakan *stylus profilometer* untuk uji kekasaran permukaan, *micro hardness vickers* untuk uji kekerasan bahan, dan *microscope* untuk melihat karakter permukaan. Material CP-Ti yang digunakan berbentuk plat berukuran 55×20×4 mm. Perlakuan TO dilakukan pada plat CP-Ti selama 4 jam dengan suhu 600°C, 700°C, dan 800°C. Data hasil penelitian ini menyatakan bahwa nilai kekasaran permukaan CP-Ti mengalami peningkatan setelah diberi perlakuan TO. CP-Ti dengan TO 700°C memiliki nilai kekasaran permukaan yang paling tinggi, sedangkan CP-Ti dengan TO 600°C hanya sedikit sekali mengalami peningkatan kekasaran permukaan. Nilai kekerasan bahan menjadi semakin meningkat seiring dengan kenaikan suhu TO. Sementara itu, hasil foto mikro memperlihatkan adanya suatu lapisan pada permukaan CP-Ti hasil cor setelah diberi perlakuan TO.

Kata kunci : TO, CP-Ti, kekasaran permukaan, kekerasan bahan, karakter permukaan.

### 1. Pendahuluan

Sendi lutut merupakan tulang sendi terbesar yang terletak di antara sendi engkel dan sendi pinggul. Sendi lutut dibentuk oleh tulang *femoral*, *tibial*, dan *patellar* (Anwar, 2012). Sendi lutut mampu menahan beban berkali-kali lipat berat tubuh manusia (Kurtz, et al., 2007). Namun, sendi lutut merupakan organ tubuh yang cukup rentan mengalami kerusakan akibat aktifitas dan beban kerja yang dilakukan manusia sehari-hari. Kehadiran penyakit, terjadinya kecelakaan, bertambahnya usia merupakan beberapa faktor yang dapat menyebabkan kerusakan pada sendi lutut. Apabila kerusakan pada sendi lutut sudah sedemikian parah, maka langkah yang diambil ialah penggantian sendi lutut total/*Total Knee Replacement* (TKR).

Pada penelitian ini CP-Ti *grade 2* hasil cor dipilih sebagai material pengganti komponen *femoral*. Pemilihan material *grade 2* pada CP-Ti ini disebabkan oleh kesediaannya yang paling banyak dibanding *grade* CP-Ti yang lain dan sering diaplikasikan dalam dunia medis (Aniolek, et al., 2015). Sementara itu, pemilihan proses pembuatan CP-Ti dengan pengecoran disebabkan oleh metode pembuatan yang efektif dan hemat biaya.

Keuntungan menggunakan titanium adalah karena titanium tahan terhadap korosi, memiliki biokompatibilitas baik dan sifat mekanis baik. Akan tetapi, titanium memiliki ketahanan aus yang buruk dan koefisien gesek yang tinggi. Oleh karena itu, perlu dilakukan modifikasi permukaan pada material ini (Aniolek, et al., 2015). Beberapa jenis modifikasi permukaan yang pernah dilakukan pada titanium di antaranya yaitu *thermal oxidation* (TO), *diamond-like coating* (DLC), *oxygen diffusion* (OD). Namun, di antara ketiga perlakuan tersebut, modifikasi permukaan yang paling efektif untuk meningkatkan ketahanan aus titanium ialah TO (Dong, et al., 1999).



TO merupakan salah satu metode modifikasi permukaan untuk membentuk lapisan oksida tipis pada permukaan titanium yang mampu meningkatkan ketahanan aus titanium. Lapisan oksida pada titanium ini dapat dilihat dengan menggunakan *x-ray diffraction spectroscopy* (XRD) (Luo, et al., 2014). Faktor yang paling mempengaruhi keberhasilan TO ialah suhu dan waktu TO. Dari beberapa penelitian tentang TO yang diberikan pada titanium dinyatakan bahwa suhu dan waktu TO yang paling baik untuk meningkatkan ketahanan aus titanium ialah 600°C, 700°C, dan 800°C dengan waktu 4 jam (Yang, 2015).

Dalam penelitian ini pengaruh TO yang diberikan pada CP-Ti hasil cor ditinjau dari perubahan kekasaran permukaan, kekerasan bahan, dan karakter permukaannya. Peninjauan pada kekasaran permukaan ini dikarenakan kekasaran permukaan akan mempengaruhi ketahanan aus titanium, di mana semakin tinggi kekasaran permukaan titanium, maka keausan *three body abrasive* yang dihasilkan akan semakin banyak (Dharmastiti, et al., 2001). Sementara itu, peningkatan kekerasan bahan juga akan mempengaruhi ketahanan aus titanium, di mana nilai kekerasan bahan yang tinggi mampu meningkatkan ketahanan aus dan biokompatibilitas pada titanium (Svanidze, et al, 2016).

## 2. Metodologi

### 2.1. Persiapan bahan

Plat CP-Ti dibuat melalui proses pengecoran yang dilakukan oleh PT Itokoh Ceperindo, Klaten, Jawa Tengah. Adapun proses pembuatan spesimen plat CP-Ti dapat dilihat pada langkah-langkah proses di bawah ini :

- 1) Pembuatan *dies* (cetakan) alumunium sesuai dengan dimensi spesimen plat CP-Ti
- 2) *Dies* diinjeksikan dengan lilin
- 3) Lilin yang sudah tercetak disambung dan disusun membentuk lingkaran
- 4) Cetakan lilin yang sudah tersambung dan tersusun dicelup ke dalam *slurry* 1
- 5) Cetakan lilin dilapisi dengan *zircon sand* selama 8 jam
- 6) Cetakan lilin dilapisi dengan *alumina sand* (1.6-3 mm) selama 3 jam, jadilah cetakan *alumina sand*
- 7) Cetakan *alumina sand* dicelup ke dalam *slurry* 2
- 8) Langkah 6 dan 7 diulang sebanyak 3 kali
- 9) Cetakan *alumina sand* dilapisi dengan kawat
- 10) Cetakan *alumina sand* dilapisi kembali dengan *alumina sand* (0.8-1.5 mm) selama 3 jam
- 11) Cetakan *alumina sand* dicelup ke dalam *slurry* 2
- 12) Langkah 10 dan 11 diulang sebanyak 3 kali
- 13) Cetakan *alumina sand* dipanaskan di *autoclave* pada suhu 160°C selama 7 menit untuk menghilangkan lilin
- 14) Cetakan *alumina sand* dipanaskan lagi di *autoclave* pada suhu 1050°C selama 2.5 jam untuk menghilangkan air pada lapisan *alumina sand* dan sisa-sisa lilin
- 15) Cetakan *alumina sand* dituang CP-Ti cair, waktu penuangan selama 90 detik
- 16) Cetakan *alumina sand* dimasukkan ke dalam mesin *casting* dan diputar dengan prinsip gaya sentrifugal selama 15 menit
- 17) Cetakan *alumina sand* didiamkan selama  $\pm$  12 jam untuk menunggu titanium mengeras dan kembali pada temperatur kamar
- 18) Cetakan *alumina sand* dipecah dengan palu untuk mengeluarkan plat CP-Ti
- 19) Plat CP-Ti hasil cor di-*milling* sehingga ukurannya menjadi 55×20×4 mm.

### 2.2. Proses *polishing*

Proses *polishing* dilakukan pada plat CP-Ti dengan menggunakan mesin *polish*. Bagian plat yang di-*polish* hanya salah satu bagian permukaan 55×20 mm. Kertas *polish* (amplas) yang digunakan dimulai dari kekasaran *grade* 60, 100, 240, 400, 600, 1000 sampai 2000. Setelah itu,



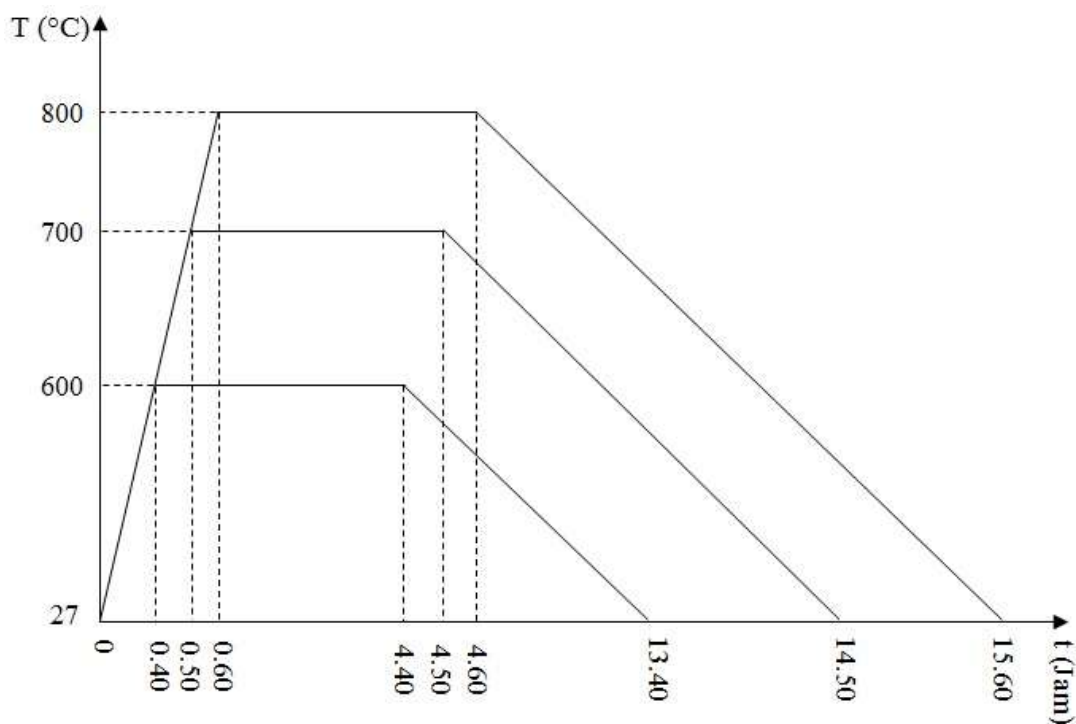
proses *polishing* CP-Ti dilanjutkan dengan menggunakan kain beludru dan autosol. Proses *polishing* dilakukan hingga plat CP-Ti memiliki nilai kekasaran permukaan  $0.10 \mu\text{m}$ .

### 2.3. Pembersihan spesimen

Proses pembersihan dilakukan sebelum plat CP-Ti diberi perlakuan TO dan sebelum dilakukannya uji kekasaran permukaan, kekerasan bahan, dan karakter permukaan. Proses pembersihan dilakukan dengan alkohol 96% di dalam *ultrasonic cleaner* 42 kHz selama 8 menit. Sebelum dibersihkan di dalam *ultrasonic cleaner*, spesimen sudah dibersihkan terlebih dahulu dengan air sabun. Setelah selesai dibersihkan dengan alkohol, spesimen dikeringkan dengan menggunakan *dryer* sehingga dapat dipastikan benar-benar tidak ada kotoran yang mungkin dapat mengganggu proses selanjutnya.

### 2.4. Pemberian perlakuan TO

Perlakuan TO diberikan dengan menggunakan *thermo scientific furnace*. Suhu TO yang diberikan yakni  $600^\circ\text{C}$ ,  $700^\circ\text{C}$ , dan  $800^\circ\text{C}$  dengan waktu penahanan 4 jam. Rata-rata *heating rate* pada *furnace* adalah  $25^\circ\text{C}/\text{menit}$ . Laju pemanasan TO pada plat CP-Ti dapat dilihat pada Gambar 1.

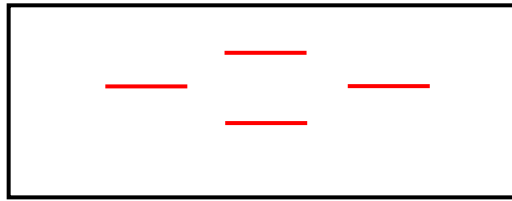


Gambar 1. Laju pemanasan TO pada CP-Ti.

### 2.5. Pengujian kekasaran permukaan

Pengujian kekasaran permukaan dilakukan sebanyak 4 kali pada setiap plat CP-Ti. Pengujian ini menggunakan alat *stylus profilometer*. Ketika pengujian, arah laju *stylus* searah dengan panjang plat. Panjang lintasan *stylus* (length) 10 mm, *cut off* 0.8 mm, dan kecepatan *stylus* 0.5 mm/detik. Bagian plat CP-Ti yang dilalui *stylus* adalah bagian yang sudah dilakukan proses *polishing*, untuk lebih detilnya yakni 2 kali di bagian tengah dan masing-masing 1 kali di bagian pinggir seperti pada Gambar 2.

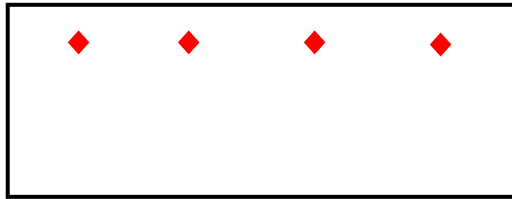




Gambar 2. Bagian plat CP-Ti yang dilalui *stylus* ( $length = 10$  mm).

## 2.6. Pengujian kekerasan bahan

Pengujian kekerasan bahan dilakukan sebanyak 4 kali pada setiap plat CP-Ti. Pengujian ini menggunakan alat *micro hardness vickers*. Beban yang diberikan pada uji kekerasan ini ialah 100 gr dengan waktu injakan (*indentasi*) selama 10 detik. Bagian yang diinjak oleh *indenter* adalah bagian permukaan yang sudah di-*polish*, khususnya dipilih di bagian pinggir plat agar tidak merusak bagian tengah plat seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Bagian plat CP-Ti yang diinjak oleh *indenter*.

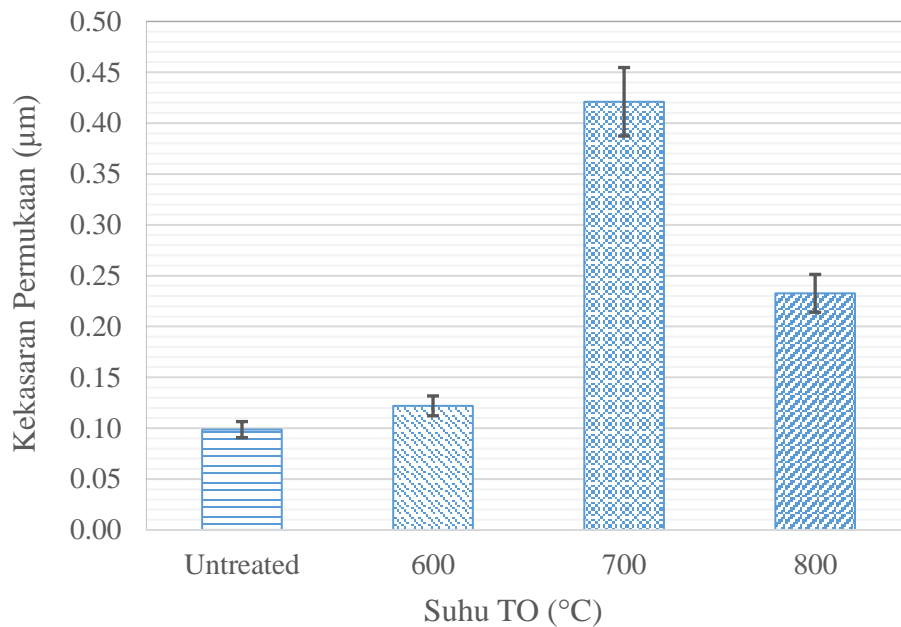
## 2.7. Pengambilan Foto Karakter Permukaan

Pengambilan foto karakter permukaan dilakukan dengan menggunakan *microscope* perbesaran 50 $\times$ . Dalam pengambilan foto dipilih bagian permukaan CP-Ti yang paling mewakili karakter permukaannya. Pengambilan foto ini dimaksudkan untuk mengetahui bagaimana perbedaan karakter permukaan CP-Ti antara sebelum dan sesudah diberi perlakuan TO.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Kekasaran permukaan CP-Ti

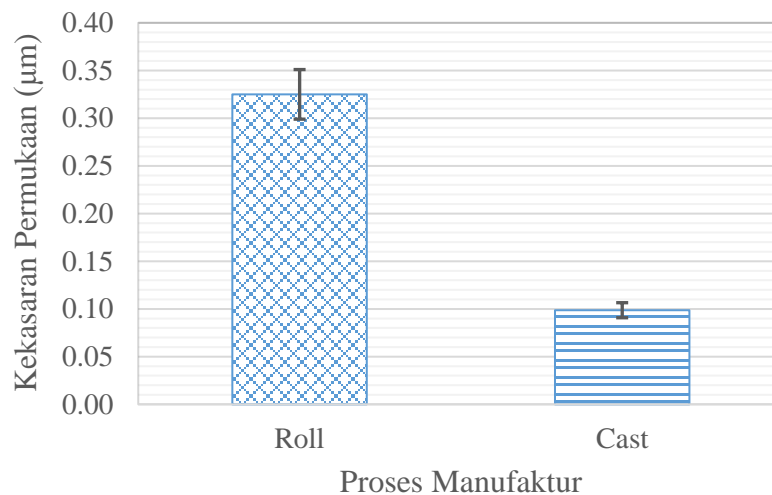
Perbandingan nilai kekasaran permukaan CP-Ti hasil cor antara sebelum dan sesudah diberi perlakuan TO dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Perbandingan kekasaran permukaan CP-Ti antara sebelum dan sesudah TO.

Dari Gambar 4 dapat diketahui bahwa nilai kekasaran permukaan CP-Ti mengalami peningkatan setelah diberi perlakuan TO. CP-Ti hasil TO 700°C mengalami peningkatan kekasaran yang paling tinggi dengan nilai kekasaran permukaan 0.42 µm, sedangkan CP-Ti hasil TO 600°C hanya sedikit sekali mengalami peningkatan kekasaran dengan nilai kekasaran permukaan 0.12 µm. Sementara itu, CP-Ti hasil TO 800°C mengalami peningkatan kekasaran dengan nilai kekasaran permukaan 0.23 µm. Peningkatan kekasaran permukaan yang sangat drastis pada CP-Ti hasil TO 700°C belum tentu menjadikannya buruk terhadap ketahanan aus.

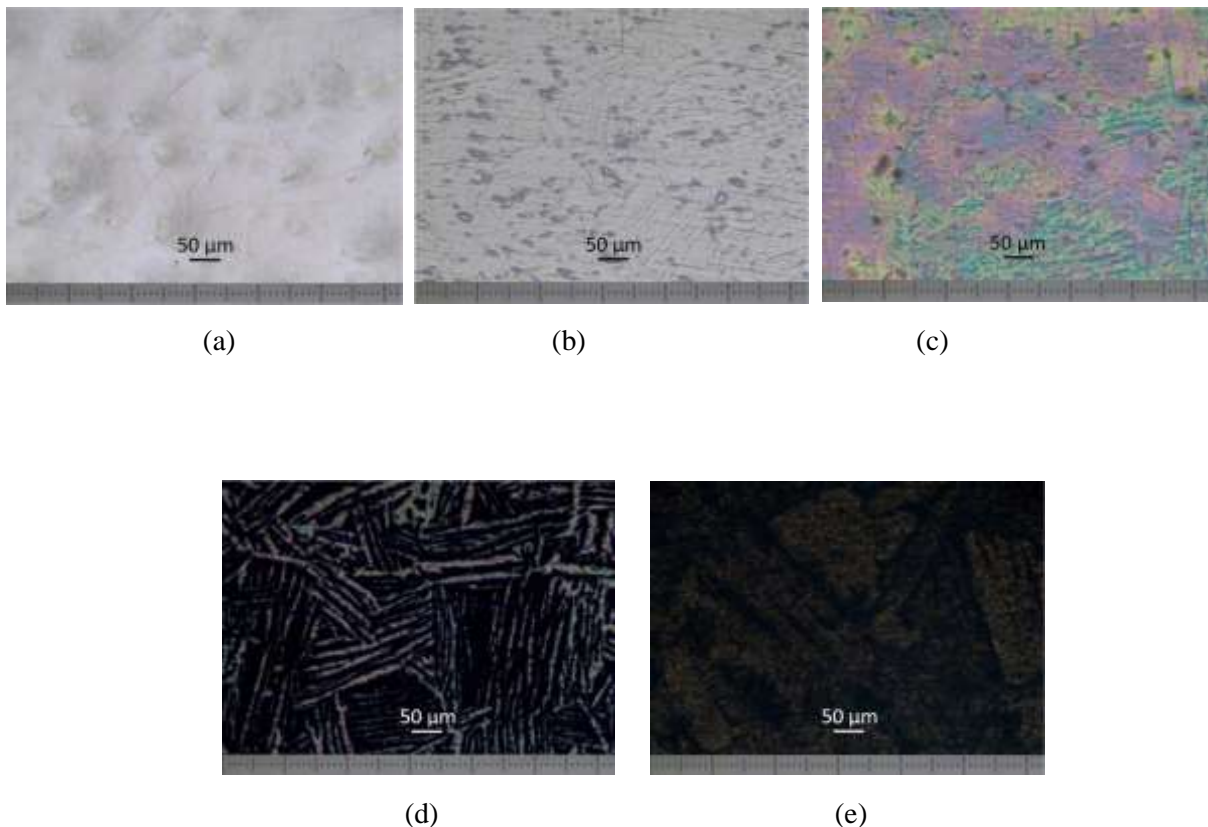
Penelitian yang dilakukan oleh Wang dkk (2014) menyatakan bahwa kekasaran permukaan awal titanium senilai 0.06 µm mengalami peningkatan hingga kekasaran permukaannya memiliki nilai 0.21 µm setelah di TO 700°C. Kekasaran permukaan yang tinggi menghasilkan banyaknya ruang kecil yang mampu menyimpan pelumas (dalam aplikasi sendi lutut) dan mampu meningkatkan ketahanan aus. Sementara itu, penelitian yang pernah dilakukan oleh Fadillah (2015) menyatakan bahwa CP-Ti hasil roll yang memiliki kekasaran permukaan awal 0.32 µm memiliki faktor keausan yang hampir sama dengan *stainless steel* 316 L yang memiliki kekasaran permukaan 0.04 µm ketika kedua material tersebut diuji keausan terhadap UHMWPE. Perbandingan kekasaran permukaan awal CP-Ti hasil roll dan CP-Ti hasil cor dengan metode *polishing* yang sama dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Perbandingan kekasaran permukaan CP-Ti hasil roll dan cor.

### 3.2. Karakter Permukaan CP-Ti

Foto karakter permukaan CP-Ti hasil cor *untreated*, CP-Ti hasil roll *untreated*, CP-Ti hasil cor dengan TO 600°C, CP-Ti hasil cor dengan TO 700°C, dan CP-Ti hasil cor dengan TO 800°C yang diambil menggunakan microscope perbesaran 50× dapat dilihat pada Gambar 6.



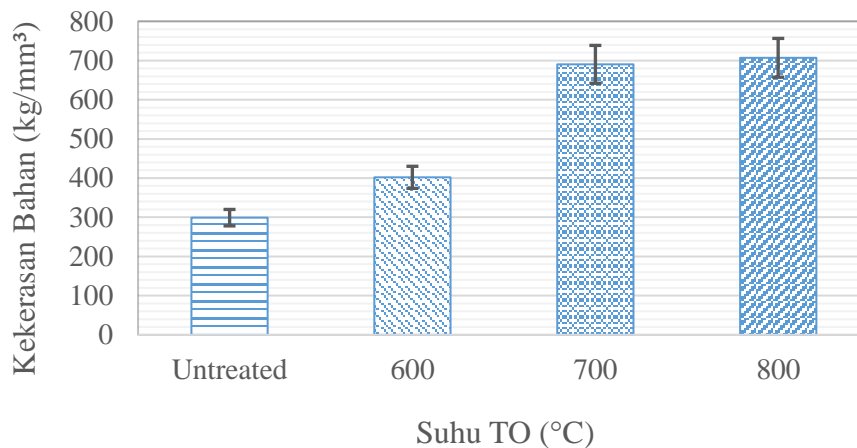
Gambar 6. Hasil foto karakter permukaan dengan *microscope* perbesaran 50× : (a) CP-Ti hasil roll *untreated*; (b) CP-Ti hasil cor *untreated*; (c) CP-Ti hasil cor TO 600°C; (d) CP-Ti hasil cor TO 700°C; (e) CP-Ti hasil cor TO 800°C.

Dari Gambar 6 dapat dilihat bahwa karakter permukaan CP-Ti hasil roll dan cor sama-sama memiliki ruang-ruang kecil, akan tetapi ruang-ruang kecil pada CP-Ti hasil roll memiliki ukuran yang lebih besar, ini membuktikan kekasaran permukaan CP-Ti hasil roll lebih besar dibanding CP-Ti hasil cor. Karakter permukaan CP-Ti hasil cor menunjukkan adanya perubahan setelah diberi perlakuan TO. Pada permukaan CP-Ti hasil cor yang diberi perlakuan TO terlihat seperti ada lapisan atau selubung yang menutupi permukaan. Menurut penelitian yang dilakukan Luo, et al. (2014) dinyatakan bahwa lapisan oksida tipis akan terbentuk pada permukaan titanium yang telah diberi perlakuan TO. Lapisan oksida ini mampu meningkatkan ketahanan aus titanium. Lapisan oksida pada permukaan titanium dapat dilihat dengan menggunakan *x-ray diffraction spectroscopy* (XRD).

Lapisan oksida ( $TiO_2$ ) yang terbentuk akan meningkatkan karakter permukaan yang *non-uniform*, dapat dilihat dari besarnya kenaikan nilai kekasaran permukaan. *Non-uniform* karakter permukaan ini akan memberikan area kontak yang lebih besar antara permukaan dengan pelumas (dalam aplikasi sendi lutut) karena terdapat banyak ruang kecil yang dapat menyimpan pelumas. Ruang kecil ini akan menghasilkan *contact angle* yang lebih kecil, sehingga keausan yang dihasilkan pun menjadi lebih kecil (Wang, et al., 2014).

### 3.3. Kekerasan Bahan CP-Ti

Hasil pengujian kekerasan bahan CP-Ti hasil cor menunjukkan adanya perubahan kekerasan antara sebelum dan sesudah diberi perlakuan TO seperti yang diperlihatkan pada Gambar 7. Nilai kekerasan bahan meningkat seiring dengan meningkatnya suhu TO.

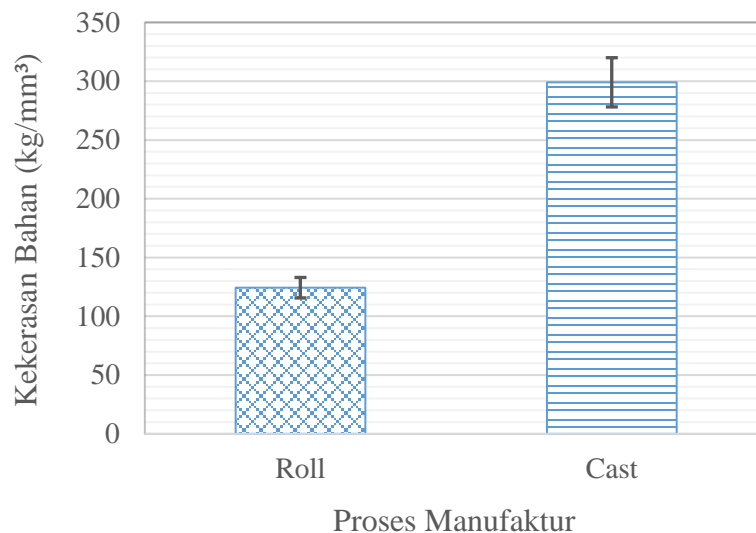


Gambar 7. Perbandingan kekerasan bahan antara sebelum dan sesudah TO

Nilai kekerasan Bahan CP-Ti hasil cor *untreated* adalah  $300 \pm 19$  HV. Setelah diberi perlakuan TO, kekerasan CP-Ti  $600^\circ\text{C}$  meningkat menjadi  $409 \pm 36$  HV, kekerasan CP-Ti  $700^\circ\text{C}$  meningkat menjadi  $692 \pm 21$  HV, dan kekerasan CP-Ti  $800^\circ\text{C}$  meningkat menjadi  $703 \pm 37$  HV. Penelitian yang dilakukan oleh Rocha, et al. (2006) menyatakan bahwa kekerasan bahan CP-Ti hasil cor *untreated* adalah 259.90 HV.

Perbandingan nilai kekerasan CP-Ti hasil cor dengan CP-Ti hasil roll dapat dilihat pada Gambar 8. CP-Ti hasil roll memiliki kekerasan yang lebih rendah dengan nilai kekerasan bahan  $125 \pm 8$  HV. Akan tetapi, nilai kekerasan bahan yang lebih tinggi belum tentu menjadikan CP-Ti hasil cor lebih sulit untuk di-*polish*. Hal ini dapat dilihat dari kekasaran permukaan CP-Ti hasil cor yang lebih rendah dibanding CP-Ti hasil roll walupun di-*polish* dengan metode yang sama.

Penelitian yang dilakukan oleh Svanidze, et al. (2016) menyatakan bahwa peningkatan nilai kekerasan bahan pada titanium dapat mengurangi koefisien gesek yang akan berpengaruh pada peningkatan ketahanan aus dan biokompatibilitas titanium.



Gambar 8. Perbandingan nilai kekerasan bahan CP-Ti hasil cor dengan CP-Ti hasil roll

#### 4. Kesimpulan dan Saran

- 1) Perlakuan TO memberikan pengaruh terhadap CP-Ti hasil cor yang dapat ditunjukkan dari perubahan kekasaran permukaan, kekerasan bahan, dan karakter permukaan. Setelah diberi perlakuan TO, CP-Ti hasil cor mengalami peningkatan nilai kekasaran permukaan. Kekasaran permukaan CP-Ti hasil TO 700°C memiliki nilai yang paling tinggi yakni 0.42  $\mu\text{m}$ , sedangkan CP-Ti hasil TO 600°C hanya sedikit sekali mengalami peningkatan kekasaran permukaan yakni menjadi 0.12  $\mu\text{m}$  dan CP-Ti hasil TO 800°C mengalami peningkatan kekasaran permukaan menjadi 0.23  $\mu\text{m}$ .
- 2) Foto permukaan CP-Ti dengan menggunakan *microscope* perbesaran 50 $\times$  menunjukkan adanya perbedaan karakter permukaan CP-Ti. Hal ini ditunjukkan dengan tertutupnya permukaan CP-Ti *untreated* dengan suatu lapisan.
- 3) Nilai kekerasan bahan CP-Ti hasil cor mengalami peningkatan seiring dengan kenaikan suhu TO. Nilai kekerasan CP-Ti 600°C meningkat menjadi  $409 \pm 36$  HV, kekerasan CP-Ti 700°C meningkat menjadi  $692 \pm 21$  HV, dan kekerasan CP-Ti 800°C meningkat menjadi  $703 \pm 37$  HV. Ketiga variasi suhu menunjukkan peningkatan bila dibanding CP-Ti *untreated* yang hanya memiliki nilai kekerasan bahan sebesar  $300 \pm 19$  HV.
- 4) Untuk penelitian lebih lanjut, sebaiknya CP-Ti hasil cor ini dilakukan uji keausan untuk mengetahui ketahanan aus dari CP-Ti ketika disimulasikan. Selain itu, uji SEM dan EDS juga baik untuk dilakukan untuk mengetahui komposisi lapisan oksida yang terbentuk pada CP-Ti hasil cor yang diberi perlakuan TO.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aniolek, K., Kupka, M., Barylski, A., Dercz, G., 2015, Mechanical and Tribological Properties of Oxide Layers Obtained on Titanium in The Thermal Oxidation Process, *Journal Elsevier*, Vol. 357, Hal. 1419-1426.
- Anwar, 2012, Efek Penambahan Roll-Slide Fleksi Ekstensi terhadap Penurunan Nyeri Pada Osteoarthritis Sendi Lutut, *Jurnal Fisioterapi*, Vol. 12, hal.21-39.
- Dharmastiti, R., Barton, D.C., Fisher, J., Eddin, A., dan Kurtz, S., 2001, The Wear of Oriented UHMWPE Under Isotropically Rough and Scratched Counterface Test Conditions, *Bio-Medical Materials and Engineering 11*, hal. 241-256.



- Dong, H., Shi, W., Bell, T., 1999, Potential of Improving Tribological Performance of UHMWPE by Engineering The Ti6Al4V Counterfaces, *Journal Elsevier*, Vol. 225-229, Hal. 146-153.
- Fadillah, A.N., 2015, *Tugas Akhir : Perbandingan Sifat Keausan UHMWPE terhadap Stainless Steel 316 L dan Commercially Pure Titanium untuk Aplikasi Sendi Lutut Buatan*, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, UGM, Yogyakarta.
- Kurtz, S., Kevin, O., Edmund, L., Fionna, M., Halpern, M., 2007, Projections of Primary and Revisions Hip and Knee Arthroplasty in the United States from 2005 to 2030, *The Journal of Bone and Joint Surgery*, Vol. 89, hal. 780-785.
- Luo, Y., Chen, W., Tian, M., Teng, S., 2014, Thermal Oxidation of Ti6Al4V Alloy and its Tribological Properties Under Serum Lubrication, *Journal Elsevier*, Vol. 89, Hal. 67-71.
- Rocha, S.S., Adabo, G.L., Henriques, G.E.P., Nobilo, M.A.A., 2006, Vickers Hardness of Cast Commercially Pure Titanium and Ti-6Al-4V Alloy Submitted to Heat Treatments, *Journal Braz Dent*, Vol. 17(2), Hal. 126-129.
- Svanidze, E., Besara, T., Ozaydin, M.F., Tiwary, C.S., Wang, J.K., Radhakrishnan, S., Mani, S., Xin, Y., Han, K. Liang, H., Siegrist, T., Ajayan, P.M., Morosan, E., 2016, High Hardness in Biocompatible Intermetallic Compound  $\beta$ -Ti<sub>3</sub>Au, *Health and Medicine*, Vol.2, Hal. 1 dan 4.
- Wang, S., Liu, Y., Zhang, C., Liao, Z., Liu, W., 2014, The Improvement of Wettability, Biotribological Behavior and Corrosion Resistance of Titanium Alloy Pretreated by Thermal Oxidation, *Journal Elsevier*, Vol. 79, Hal. 174-182.
- Yang, Y., 2015, *Surface Treated CP-Titanium for Biomedical Application : A Combined Corrosion, Tribocorrosion and Biological Approach*, Archives-Ouvertes: HAL, Hal. 31



## **Perancangan Alat Uji Cetakan Produk *Symbolic Shorthand Souvenir* Berbasis Proses *Metal Forming* dengan Metode *Front-End Process***

**P. Edi Prasetyo, Herianto**

Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281  
E-mail: patrisedi@yahoo.com

### **Intisari**

*Tren pariwisata dewasa ini terus mengalami peningkatan dan berdampak pada industri souvenir. Penelitian mengungkapkan bahwa pengeluaran wisatawan lebih besar untuk membeli souvenir daripada menikmati obyek wisata sehingga industri souvenir berpotensi untuk dikembangkan. Laboratorium Proses Produksi (PP) lembaga pendidikan X sebagai inkubator bisnis industri souvenir jenis symbolic shorthand souvenir (SSS) berbahan logam seperti medali, patung, koin, gantungan kunci dan ukiran relief. Symbolic shorthand souvenir didefinisikan sebagai produk manufaktur yang membangkitkan tulisan singkat (stenografi) atau pesan mengenai tempat di mana ia berasal. Dukungan pada industri souvenir diwujudkan dalam pengembangan teknologi cetakan produksi produk SSS. Proses produksi produk SSS telah diteliti dan dikembangkan mulai dari proses spin casting, die casting hingga embossing. Pengembangan selanjutnya akan dilakukan pada metode metal forming memadukan proses blanking untuk memotong material dan proses coining untuk membentuk pola relief produk dalam satu langkah proses. Pengembangan ini memerlukan alat untuk menguji cetakan produk SSS berbasis metal forming dengan rentan diameter produk 20-60 mm. Alat uji yang dibutuhkan belum tersedia sehingga pada penelitian ini akan dirancang sebuah alat uji yang dapat memenuhi kebutuhan tersebut. Proses perancangan dilakukan dengan metode Front-end Process hingga tahap konsep 3D detail lengkap dengan spesifikasi teknis alat uji. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsep desain dan spesifikasi teknis alat uji. Hasil dari penelitian ini diperoleh konsep desain dan spesifikasi dari alat uji cetakan produk SSS berbasis metal forming.*

*Kata Kunci: Produk SSS, Proses Blanking, Proses Coining, Front-End Process*

### **1. Pendahuluan**

Pemberlakuan Masyarakat Ekonomi Asean (MEA) memacu ketatnya persaingan industri termasuk bidang pariwisata yang memungkinkan pengusaha produk souvenir suatu negara dapat melayani kebutuhan souvenir negara lain di ASEAN. Didukung peningkatan trend wisata Asia 6% (2011), 7% (2012), 8% (2013), 4,7 % (2014), 4,6 % (2015) dan diprediksi 6% (2016) (Buck et al, 2015) serta hasil penelitian Soekadijo (2000) yang meyakini bahwa pengeluaran wisatawan secara perorangan biasanya lebih besar untuk membeli souvenir daripada untuk menikmati obyek wisata, industri souvenir merupakan industri potensial untuk dikembangkan guna menunjang trend pariwisata yang terus meningkat.

Laboratorium Proses Produksi (PP) lembaga pendidikan X berperan sebagai inkubator bisnis industri souvenir jenis *symbolic shorthand souvenir* (SSS) berbahan logam seperti medali, patung, koin, gantungan kunci dan ukiran relief. *Symbolic shorthand souvenir* merupakan produk manufaktur yang membangkitkan tulisan singkat (stenografi) atau pesan mengenai tempat di mana ia berasal (Gordon, 1986). Dukungan diwujudkan dalam pengembangan cetakan produksi produk SSS dengan bantuan teknologi CAD (*Computer Aid Design*) dan CAM (*Computer Aid Manufacturing*). CAD dan CAM dapat mempercepat proses membangkitkan ide desain gambar



dua dimensi atau foto menjadi relief tiga dimensi sebagai master cetakan (Anggoro, 2015), sehingga memungkinkan inputan cetakan produk SSS cukup berupa gambar artistik dua dimensi yang memudahkan konsumen untuk merancang sendiri sebuah produk SSS.

Produk SSS diproduksi dengan proses manufaktur *spin casting*, *die casting* dan *metal forming*. Cetakan produk SSS yang telah dibuat diuji untuk mengetahui kemampuannya dalam memproduksi produk SSS. Alat uji cetakan proses *spin casting* dan *die casting* telah dibuat untuk mengetahui kualitas produk yang dihasilkan. Proses *spin casting* dan *die casting* memerlukan pemotongan dan pemanasan material untuk merubah bentuk material menjadi cair sebelum dicetak. Hasil pengujian proses *spin casting* dan *die casting* menghasilkan produk SSS yang masih memerlukan proses *finishing* meliputi menghilangkan *bur* dan memoles permukaan yang kusam. Proses ini sulit dilakukan pada kontur relief sempit dan dalam sehingga hasil kehalusan permukaan kurang optimal serta memerlukan waktu lebih lama.

Berkaitan dengan kekurangan tersebut, akan dikembangkan proses produksi produk SSS dengan metode *metal forming* memanfaatkan proses *blanking* untuk memotong material awal dan proses *coining* untuk membentuk pola relief. Kelebihan metode ini diharapkan dapat mengurangi proses *finishing* dengan meminimalkan *bur* dan mempermudah proses poles yang dilakukan pada material awal lembaran logam dengan permukaan rata serta tidak memerlukan proses pencairan material seperti proses *casting*. Produk SSS yang dapat dihasilkan melalui proses ini meliputi produk koin, medali dan gantungan kunci berpola relief berbahan dasar plat logam dengan ketebalan tertentu.

Penelitian proses *blanking* dan *coining* telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya meliputi Subramonian et, al (2013) yang meneliti pengaruh *clearance punch-dies* terhadap umur pakai alat potong. Basir (2008) meneliti pengaruh *clearance punch-dies* dan besar gaya *blanking* terhadap ketepatan ukuran produk. Nalbant et, al (2005) meneliti pengaruh *clearance punch-dies* terhadap kehalusan permukaan penampang melintang produk *blank*. Thipprakmas (2008) meneliti pengaruh posisi *V-ring indender* proses *fine blanking* terhadap *material flow*, *stress distribution* dan kehalusan permukaan penampang melintang produk *blank*. Kwak et, al (2003) meneliti pengaruh jarak *v-ring indender*, posisi *punch* dan *dies* serta ketinggian *v-ring indender* proses *fine blanking* terhadap kualitas kehalusan permukaan penampang melintang produk *blank*. Guo (2009) meneliti pengaruh penambahan lengkungan relief *dies coining*, ketebalan produk koin dan ketinggian relief terhadap nilai *die displacement*. Zhong et, al (2012) meneliti kecacatan "*flash line*" produk koin berupa baretan-baretan kecil. Mori et, al (2014) meneliti pengaruh pelapisan permukaan *dies coining* untuk memperpanjang ketahanan terhadap keausan. Ithisoponakul et, al (2014) meneliti pengaruh penggantian material *dies coining* dari *cupronickel* menjadi *nickel-electroplated steel* terhadap umur pakai *dies*. Penelitian sebelumnya belum terdapat penelitian yang penggabungan proses *blanking* dan *coining* menjadi satu langkah proses. Pengembangan cetakan produk SSS akan dilakukan dengan menggabungkan kedua proses tersebut dan diwujudkan dalam bentuk satu set cetakan.

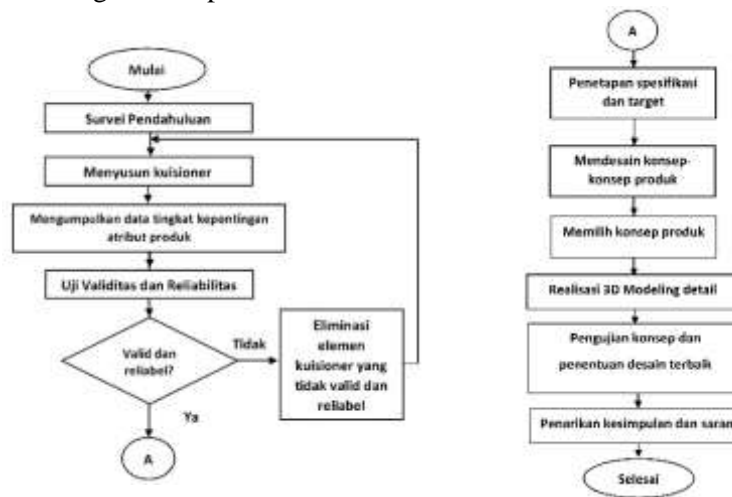
Pengembangan cetakan produk SSS dengan proses *blanking* dan *coining* membutuhkan alat untuk menguji kinerja cetakan sehingga diperlukan proses perancangan untuk merancang alat tersebut. Perancangan akan dilakukan dengan metode *Front-end process* (Ulrich dan Eppinger, 2008). Penelitian metode *Front-end process* telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya meliputi Lindmark (2014) yang secara khusus mengubah kebutuhan pelanggan metode *front-end process* menjadi ide dan persyaratan produk pada perancangan produk inovatif. Eppinger et, al (1994) mendeskripsikan metode pendukung *front-end process* untuk menganalisis dekomposisi desain produk dan Lanzagorta (2012) menggunakan metode *front-end process* untuk merancang mekanisme gerak kepala robot humanoid. Pada penelitian ini metode *Front-end process* akan digunakan untuk merancang alat uji cetakan produk SSS hingga diperoleh konsep desain 3 dimensi serta spesifikasi alat uji secara detail.





## 2. Metodologi

Perancangan alat uji cetakan produk SSS berbasis *metal forming* dimulai dengan survei pendahuluan untuk menggali atribut produk, dilanjutkan dengan menyusun kuesioner dan mengumpulkan data tingkat kepentingan atribut, pengujian validitas-reliabilitas hingga dinyatakan valid dan reliabel, pengolahan data dengan metode *Front-end process* hingga diperoleh spesifikasi detail serta gambaran 3 dimensi. Secara terperinci, aliran proses penelitian ini digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 1.



Gambar 1 Diagram alir penelitian

## 3. Hasil dan Pembahasan

Perancangan alat uji cetakan produk SSS mula-mula dilakukan dengan pengumpulan data atribut produk melalui survei pendahuluan dan survei tingkat kepentingan atribut. Survei pendahuluan dilakukan dengan pertanyaan terbuka “bagaimana desain alat uji cetakan produk SSS berbasis *metal forming* yang saudara/i harapkan?” kepada 12 responden *expert* dibidang *metal forming*, desain mekanik, *machine maker* atau produk artistik dengan pengalaman lebih dari 3 tahun dengan tujuan mengumpulkan atribut produk. Survei tingkat kepentingan atribut dilakukan dengan menyusun atribut alat uji yang diperoleh dari survei pendahuluan dalam bentuk kuesioner tertutup dan masing-masing atribut diberikan skala penilaian kepentingan 1 hingga 5. Pengisian kuesioner tertutup dilakukan pada 33 responden *novice* yang berpengalaman di bidang mekanika teknik, *machine maker*, desain mekanik, desain elektrik dan proses manufaktur dalam kurun waktu lebih dari satu tahun. Hasil survei tingkat kepentingan atribut produk selanjutnya diuji validitas dan reliabilitas. Setelah seluruh atribut produk dinyatakan valid dan reliabel, hasil kuesioner dihitung untuk mengetahui nilai kepentingan setiap atribut produk. Hasil atribut produk dengan nilai kepentingan masing-masing atribut ditunjukkan oleh Tabel 1 dan selanjutnya akan digunakan sebagai inputan metode *Front-end process*.

Tabel 1 Atribut produk dan nilai kepentingan atribut produk

No	Atribut	Importance to customer	Percent importance (%)
1	Desain alat uji sederhana dan compact	3.33	3.57
2	Cetakan mudah untuk dipasang	4.03	4.32
3	Daya tekan alat dapat untuk diatur dan dipantau	3.61	3.87
4	Desain alat kokoh dan awet	3.85	4.13
5	Kedalaman kontur dapat diatur	3.61	3.87
6	Desain alat tertutup	2.39	2.57
7	Alat uji dapat meredam getaran dengan baik	3.06	3.28
8	Material uji dapat ditempatkan dengan mudah	3.70	3.96
9	Desain alat uji menarik	2.52	2.70
10	Mekanisme alat uji presisi	3.70	3.96
11	Alat uji aman digunakan	3.82	4.09
12	Pengoperasian alat uji nyaman dan mudah	3.79	4.06
13	Posisi kerja nyaman digunakan berdiri	3.33	3.57
14	Daya tekan alat mumpuni	3.52	3.77
15	Material sisa dapat terarah ke pembuangan	3.33	3.57
16	Produk hasil uji mudah untuk diambil	3.91	4.19
17	Desain disesuaikan dengan postur tubuh orang Indonesia	3.15	3.38
18	Sumber energi mengikuti standar Indonesia	3.12	3.35
19	Terdapat tanda terjadinya <i>overload</i> beban	3.21	3.44
20	Tombol darurat mudah untuk dijangkau	4.30	4.61
21	Perawatan alat uji mudah untuk dilakukan	3.67	3.93
22	Alat uji mudah untuk dibersihkan	3.45	3.70
23	Alat uji mudah untuk dipindahkan	2.97	3.18
24	Alat uji dapat digunakan untuk membersihkan sisi tajam produk	3.03	3.25
25	Konsumsi energi hemat	3.45	3.70
26	Biaya pembuatan terjangkau	3.73	4.00
27	Pembuatan dan perakitan mudah untuk dilakukan	3.67	3.93

### Metode *Front-end process*

Perancangan dengan metode *front-end process* diawali dengan pembuatan spesifikasi dan target dengan mengubah atribut produk yang diperoleh menjadi daftar *metric* seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. Setelah diperoleh *metric* berikut dengan nilai dan satuannya, selanjutnya masing-masing *metric* akan dibandingkan dengan produk sejenis yang ada di pasaran yaitu mesin pres dan mesin *punching*. Berdasarkan perbandingan tersebut maka ditentukan nilai target marginal dan ideal masing-masing *metric* yang ditunjukkan pada Tabel 3.

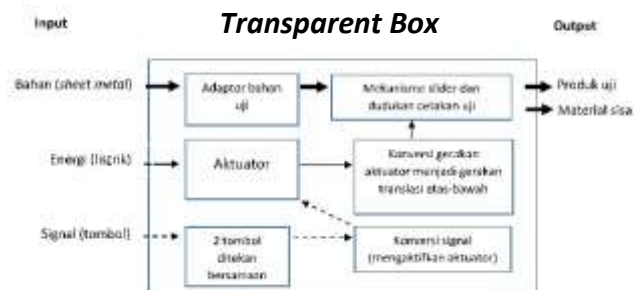
Tabel 2 Daftar metrik untuk alat uji cetakan produk SSS berbasis *metal forming*

No Metrik	Kebutuhan	Metrik	Kepentingan	Satuan
1	1, 9	Dimensi maksimal alat	2.62	mm
2	2, 12	Aplikasi poka yoke	3.50	Subj.
3	3, 11	Mekanisme pengatur dan pemantau tekanan	3.32	bar
4	4, 11, 26	Material komponen	5.10	Subj.
5	5	Mekanisme pembatas langkah pres	1.61	mm
6	1, 6, 9	Bentuk cover alat	3.69	Subj.
7	7	Aplikasi karet peredam getaran	1.37	Subj.
8	8, 15, 16, 22	Desain ruang uji	6.44	mm
9	1, 9	Warna cover	2.62	Subj.
10	10	Toleransi dimensi	1.65	mm
11	4, 11, 14,	Angka keamanan alat	5.01	safety factor
12	12	Jumlah tombol operasi	1.70	pcs
13	13, 17, 23	Finir roda dan leveling ketinggian	4.23	mm
14	3, 4, 5, 11, 14, 19, 25, 26	Daya tekan maksimal alat	12.89	kN
15	23, 27	Bobot maksimal alat	2.97	Kg
16	12, 13, 17	Tinggi meja kerja dan panel	4.60	mm
17	18	Standar daya listrik Indonesia	1.40	Volt, Watt
18	19	Aplikasi sensor <i>overload</i> dan sirine	1.44	Subj.
19	20	Desain penempatan <i>interface</i> kontrol mesin	1.93	Subj.
20	21	Komponen terdapat fitur perawatan	1.64	Subj.
21	11, 12	Sistem kontrol dua tombol	3.40	Subj.
22	9	Aplikasi fitur deburing	1.36	Subj.
23	25	Konsumsi energi aktuator dan lampu	1.55	Kwh
24	26	Harga komponen	1.67	Rupiah
25	1, 9, 26, 27	Bentuk komponen sederhana	5.93	Subj.
26	7, 10, 25, 26,	Kecepatan gerak maksimal	6.29	mm/s
27	2	Jumlah dan posisi baut pengunci cetakan	1.80	pcs
28	4, 26	Desain rangka alat	3.39	ton
29	15	Sakaran sisa material	1.49	derajat kemiringan
30	16	Alat bantu pengambil produk	1.75	Subj.
31	27	Komponen mudah diperoleh	1.64	Subj.



Tabel 3 Nilai target ideal dan marginal

No Metric	Atribut	Metric	Keentingan	Satuan	Nilai marginal	Nilai ideal
1	1, 9	Dimensi maksimal alat	2.62	mm	$(800-1.200) \times (800-1.200) \times (2.000-3.000)$	$< 1.000 \times 1.000 \times 2.500$
2	2,12	Aplikasi poka yoke	3.50	Subj.	pin posisi beda jarak sejumlah 2-4	pin posisi beda jarak sejumlah 4
3	3, 11	Mekanisme pengatur dan pemantau tekanan	3.32	bar	0 hingga $>1.200$ ( pressure gauge dan pressure control)	0 hingga 1.186,00952 ( pressure gauge dan pressure control)
4	4, 11, 26	Material komponen	5.10	Subj.	permesinan atau cast iron, S45C atau EMS atau MS	cast iron, EMS
5	5	Mekanisme pembatas langkah pres	1.61	mm	$<0.05$	$<0.02$
6	1, 6, 9	Bentuk cover alat	3.69	Subj.	persegi, menutup bagian yang bergerak	persegi, menutup seluruh bagian alat
7	7	Aplikasi karet peredam getaran	1.37	Subj.	minimal pada panel kontrol dan panel box	seluruh sambungan komponen bergerak
8	8, 15, 16, 22	Desain ruang uji	6.44	mm	$(400-600) \times (400-600) \times (140-600)$	$>500 \times 500 \times 140$
9	1, 9	Warna cover	2.62	Subj.	dengan cover, hijau atau biru atau kuning atau abu-abu	hijau muda atau abu-abu
10	10	Toleransi dimensi	1.65	mm	0.05-0.5	0.01-0.05
11	4, 11, 14	Angka keamanan alat	5.01	safety factor	$>1.5$	$>2$
12	12	Jumlah tombol operasi	1.70	pcs	5 hingga 15	$>5$
13	13, 17, 23	Fitur roda dan leveling	4.23	mm	0 hingga 25	0 hingga 50
14	3, 4, 5, 11, 14, 19, 25, 26	Daya tekan maksimal alat	12.89	kN	$\geq 1.200$	$>1.186,00952$
15	23, 27	Bobot maksimal alat	2.97	Kg	$<4.000$	$<1.500$
16	12, 13, 17	Tinggi meja kerja dan panel	4.60	mm	meja (1.000) panel (1.000)	meja (900-1.000) panel (900-1.000)
17	18	Standar daya listrik	1.40	Volt, Watt	380V AC atau 220V AV	220V AC
18	19	Aplikasi sensor overload dan sirine	1.44	Subj.	<i>buzzer</i>	<i>buzzer</i> dan <i>pilot lamp</i>
19	20	Desain penempatan <i>interface</i> kontrol mesin	1.93	Subj.	bersatu dengan mesin utama, tombol darurat lebih menonjol	bersatu dengan mesin utama, tombol darurat lebih menonjol
20	21	Komponen terdapat fitur perawatan	1.64	Subj.	indikator oli dan posisi pelumasan mudah dijangkau	indikator oli dan posisi pelumasan mudah dijangkau serta terdapat <i>oil nipple</i>
21	11, 12	Sistem kontrol dua tombol	3.40	Subj.	<i>push button switch</i>	<i>push button switch</i>
22	24	Aplikasi fitur deburing	1.36	Subj.	model <i>sand paper belt</i> atau model batu gerinda berputar	model <i>sand paper belt</i>
23	25	Konsumsi energi aktuator	1.55	Kwh	$< \pm 1$	$< \pm 5$
24	26	Harga komponen	1.67	Rupiah	$< 300.000.000$	$< 250.000.000$
25	1, 9, 26, 27	Bentuk komponen sederhana	5.93	Subj.	material dan proses manufaktur minimal, proses permesinan atau cetak	material dan proses manufaktur minimal, proses cetak
26	7, 11, 25, 26	Kecepatan gerak	6.29	mm/s	press ( $> 5$ )	press ( $> 20$ )
27	2	Jumlah dan posisi baut pengunci cetakan	1.80	pcs	$\geq 1$	$\geq 2$
28	4	Desain rangka alat	3.39	ton	$> 3$	$> 4$
29	5	Sahuran sisa material	1.49	derajat	$\geq 30$	$> 40$
30	16	Alat bantu pengambil	1.75	Subj.	model penjepit	model magnet
31	27	Komponen mudah	1.64	Subj.	terdapat supplier area DIY	terdapat supplier area DIY



Gambar 2 Kotak transparan dari produk alat uji cetakan

Perancangan metode *front-end process* dilanjutkan dengan mendesain konsep-konsep produk yang memodelkan alat uji cetakan kedalam kotak hitam dengan input, proses dan output. Input model terdiri dari bahan (*sheet metal*), energi (listrik) dan signal (*tombol*), sementara output terdiri dari produk uji dan material sisa. Model kotak hitam selanjutnya dijabarkan menjadi model kotak trasparan yang lebih menjelaskan secara terperinci tentang proses kerja alat uji mengolah input menjadi output yang ditunjukkan pada Gambar 3. Input material *sheet metal* mula-mula diletakan pada adaptor bahan uji yang berperan memosisikan material agar tidak bergeser saat



proses uji. Input energi listrik mengaktifkan aktuator dalam kondisi siaga, signal dalam bentuk 2 tombol yang ditekan bersamaan dengan alasan keamanan operator akan memberikan signal pada mekanisme konversi signal dan memerintahkan aktuator bergerak. Gerakan aktuator akan dikonversi oleh mekanisme konversi gerakan menjadi gerakan translasi keatas dan kebawah untuk menggerakkan cetakan uji yang terpasang pada slider pemandu gerak untuk mencetak material uji menjadi produk uji dan material sisa. Masing-masing kotak kecil dalam kotak transparan merupakan sub masalah yang harus disolusikan melalui pilihan penyelesaian yang mungkin diaplikasikan. Pencarian solusi submasalah dilakukan dengan dua sumber yaitu pencarian eksternal yang terdiri dari wawancara pengguna utama, konsultasi pakar, mencari paten, mencari literatur yang dipublikasikan dan analisis produk terkait serta pencarian secara internal dengan menggali ide-ide lain oleh tim desain sehingga diperoleh beragam solusi sub masalah seperti yang ditunjukkan pada Tabel 4.

Ragam solusi konsep yang dihasilkan untuk setiap sub masalah lalu diseleksi dengan pohon klasifikasi konsep dengan mengelompokkan solusi konsep serta memangkas cabang yang sedikit memberikan harapan dan tabel kombinasi konsep dengan membentuk kombinasi solusi masalah serta mempertimbangkan setiap kombinasi sebagai solusi masalah yang paling memberikan harapan. Hasil solusi submasalah yang telah diseleksi, dikombinasikan menjadi solusi masalah dan dipertimbangkan sehingga menghasilkan beberapa kombinasi konsep pada Tabel 5 dan Tabel 6. Tabel 5 merupakan kombinasi sub masalah jenis aktuator, jenis konversi gerak, jenis mekanisme slider dan jenis konversi signal yang berhubungan dengan mekanisme utama alat uji, sementara Tabel 6 adalah kombinasi sub masalah jenis tombol signal dan bentuk adaptor bahan yang berhubungan dengan *interface* operator. Pengelompokan dibuat 2 jenis dengan alasan untuk mengurangi jumlah kombinasi yang terbentuk dan pada tahap selanjutnya masing-masing kombinasi akan disaring dan di nilai untuk menghasilkan kombinasi solusi konsep terbaik.

Tahap selanjutnya masing-masing kombinasi konsep yang telah terbentuk akan disaring dan dinilai untuk masing-masing kombinasi konsep A (Tabel 5) dan B (Tabel 6) sehingga menyisakan 4 kombinasi konsep A meliputi konsep A27, A28, A29 dan A33+ sementara untuk kombinasi konsep B menyisakan konsep B4. Kombinasi konsep A33+ merupakan modifikasi konsep A33 dengan tujuan untuk mendapatkan nilai kombinasi konsep yang lebih baik pada tahap penyaringan konsep. Hasil penyaringan konsep selanjutnya akan kembali disatukan antara kombinasi konsep A dengan kombinasi konsep B menjadi 4 kombinasi konsep yang lengkap yaitu A27B4, A28B4, A29B4 dan A33+B4. Kombinasi konsep hasil penggabungan selanjutnya akan dinilai dengan kriteria penilaian yang lebih terperinci yaitu biaya realisasi rendah, kemudahan proses realisasi, resiko kegagalan, kemudahan akses operator, kemudahan perawatan, kesederhanaan mekanisme dan kepresisian mekanisme yang mana masing-masing kriteria mempunyai sub kriteria dengan bobot penilaian yang berbeda dengan tujuan untuk mendapatkan kombinasi konsep yang paling baik. Penilaian kombinasi konsep ditunjukkan pada Tabel 7.

Tabel 4. Ragam solusi sub masalah

No	Penyelesaian sub masalah bentuk adaptor bahan	Penyelesaian sub masalah jenis aktuator	Penyelesaian sub masalah jenis mekanisme slider
1	dinding pembatas 4 sisi	powerpack	round guide 4 colomn (fix)(linear bushing)
2	pin dan clam ulir	kompresor	round guide 4 colomn (fix ) (linear bearing )
3	model tanggem ulir	motor induksi	single round guide
4	model tanggem pegas	motor servo	linear guide 4 set
5	stopper model siku	mesin bakar (bensin)	round guide 4 colomn (movable) (linear bushing )
6	stopper model 8 pin	diesel	round guide 4 colomn (movable) (linear bearing )
7	penjepit toggle	linear actuato	dovetail ganda
8	model slot tiga dinding pembatas (digabungkan dengan las)		guide siku 4 sisi
9	dua dinding pembatas		guide kumpang 8 sisi
10	tiga dinding pembatas		box type six-point gip
11	tiga dinding pembatas model milling silang		
12	stopper dua pin pembatas		
13	model slot dengan tiga dinding pembatas (digabungkan dengan baut)		
No	Penyelesaian sub masalah jenis tombol signal	Penyelesaian sub masalah jenis konversi signal	Penyelesaian sub masalah jenis konversi gerak
1	push button ( rata-bulat)	relay dan kontaktor	piston hidrolik
2	push button ( bulat-timbul)	smart relay	piston pneumatik
3	touch button ( bulat-rata-menyala)	arduno	poros eksentrik, flywheel dan lengan penghubung
4	push button (kotak-rata)	PLC	poros eksentrik dan roda gigi konversi torsi
5	push button (kotak- timbul)		cam
6	push button (kotak-rata-menyala)		ulir
7	push button (bulat-timbul-menyala)		Knuckle link (langsung)
8	push button (bulat-rata-menyala)		motor hidrolik
9	touch button (kotak-rata)		motor pneumatic
10	push button (kotak- timbul-menyala)		knuckle link (multi link)
11			link penghubung empat poin (hidrolik)
12			link penghubung empat poin (ulir)



Tabel 5. Kombinasi konsep A

Kombinasi konsep	Kombinasi aktuator dan konversi gerak	jenis mekanisme slider	jenis konversi signal
Konsep A3	motor induksi + poros eksentrik, <i>flywheel</i> dan lengan penghubung	<i>round guide 4 colomn (fix) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A4	motor induksi + poros eksentrik, <i>flywheel</i> dan lengan penghubung	<i>round guide 4 colomn (movable) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A5	motor induksi + poros eksentrik, <i>flywheel</i> dan lengan penghubung	<i>linear guide 4 set</i>	relay dan kontaktor
Konsep A8	motor induksi + poros eksentrik dan roda gigi konversi torsi	<i>round guide 4 colomn (fix) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A13	motor induksi + cam	<i>round guide 4 colomn (fix) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A15	motor induksi + cam	<i>linear guide 4 set</i>	relay dan kontaktor
Konsep A23	motor induksi + <i>knuckle link</i> (langsung)	<i>round guide 4 colomn (fix) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A26	<i>powerpack</i> + piston hidrolik	<i>round guide 4 colomn (fix) (linear bushing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A27	<i>powerpack</i> + piston hidrolik	<i>round guide 4 colomn (movable) (linear bushing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A28	<i>powerpack</i> + piston hidrolik	<i>round guide 4 colomn (fix) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A29	<i>powerpack</i> + piston hidrolik	<i>round guide 4 colomn (movable) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor
Konsep A33	<i>linear actuator</i>	<i>round guide 4 colomn (fix) (linear bearing)</i>	relay dan kontaktor

Tabel 6. Kombinasi konsep B

Kombinasi konsep tombol signal dan dudukan bahan	Penyelesaian sub masalah jenis tombol signal	Penyelesaian sub masalah bentuk adaptor bahan
Konsep B1	<i>push button</i> (bulat-rata-menyala)	<i>stopper</i> dua pin pembatas
Konsep B2	<i>push button</i> (bulat-rata-menyala)	dua dinding pembatas
Konsep B3	<i>push button</i> (kotak-rata-menyala)	<i>stopper</i> dua pin pembatas
Konsep B4	<i>push button</i> (kotak-rata-menyala)	dua dinding pembatas

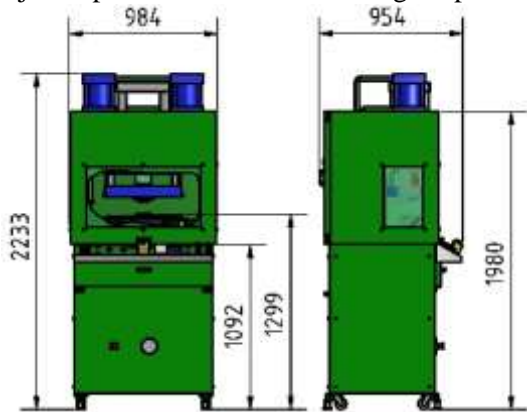
Tabel 7. Penilaian konsep

Kriteria seleksi	Bobot per kriteria (%)	Bobot per subkriteria (%)	Konsep							
			A27B4		A28B4		A29B4		A33+B4	
			Nilai	Nilai bobot	Nilai	Nilai bobot	Nilai	Nilai bobot	Nilai	Nilai bobot
biaya realisasi yang rendah	20	4	3	0.12	4	0.16	3	0.12	3	0.12
			6	0.12	3	0.18	2	0.12	2	0.12
			8	0.32	3	0.24	3	0.24	2	0.16
			2	0.04	4	0.08	4	0.08	3	0.06
kemudahan proses realisasi	10	5	3	0.15	3	0.15	3	0.15	3	0.15
			1	0.02	3	0.03	3	0.03	3	0.03
			2	0.04	3	0.06	3	0.06	2	0.04
			2	0.06	3	0.06	3	0.06	3	0.06
resiko kegagalan produk yang minimal	7	1	3	0.03	4	0.04	3	0.03	3	0.03
			4	0.12	4	0.16	3	0.12	3	0.12
			2	0.06	3	0.06	3	0.06	2	0.04
kemudahan akses operator	23	4	4	0.16	2	0.08	4	0.16	4	0.16
			4	0.16	2	0.08	4	0.16	4	0.16
			15	0.75	2	0.3	5	0.75	5	0.75
kemudahan perawatan	10	5	4	0.2	2	0.1	4	0.2	4	0.2
			2	0.06	3	0.06	3	0.06	3	0.06
			3	0.09	3	0.09	3	0.09	3	0.09
kesederhanaan mekanisme	10	7	4	0.28	4	0.28	4	0.28	4	0.28
			3	0.09	4	0.12	3	0.09	3	0.09
kepresisian mekanisme	20	14	2	0.28	4	0.56	4	0.56	4	0.56
			6	0.24	4	0.24	4	0.24	5	0.3
Nilai total			3.39	3.13	3.66	3.58				
Peringkat			3	4	1	2				
Lanjutkan ?			tidak	tidak	kembangkan	tidak				

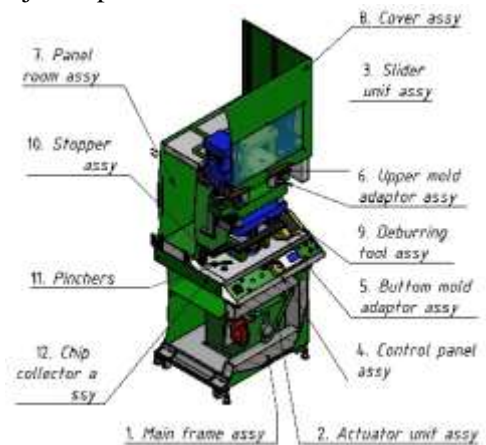
Hasil penilaian kombinasi konsep pada Tabel 7 menunjukkan bahwa kombinasi konsep A29B4 sebagai konsep terbaik dengan nilai tertinggi. Hasil kombinasi konsep terpilih memiliki spesifikasi solusi submasalah yaitu menggunakan *powerpack* sebagai aktuator, piston hidrolik sebagai mekanisme konversi gerak aliran fluida menjadi gerakan translasi, *round guide 4 colomn (movable)* dengan bantalan *linear bearing* sebagai mekanisme slider, menggunakan *relay* dan kontaktor sebagai pengonversi signal, menggunakan *push botton* (kotak-rata-menyala) sebagai tombol dan mengaplikasikan model dua dinding pembatas sebagai adaptor bahan uji. Setelah diperoleh solusi masalah dan dengan panduan tabel nilai target marginal dan ideal pada Tabel 3,



alat uji cetakan hasil perancangan metode *Front-end process* digambarkan secara 3D yang ditunjukkan pada Gambar 3 dan 4 dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 8.



Gambar 3 Dimensi keseluruhan alat uji



Gambar 4 3D alat uji dan bagian-bagian alat uji

Tabel 8 Spesifikasi akhir alat uji (*Front-end process*)

Spesifikasi akhir alat uji ( <i>front-end process</i> )		
Dimensi alat (PxLxT)	954x984x2233 mm	
Tinggi panel kontrol	1092	
Tinggi adaptor cetakan	1299	
Bobot total alat	1.200 kg (perkiraan)	
Sumber tegangan utama	3 fase 380V AC	
Jenis aktuator	Power pack	Parker (motor D-Pak 7.5KW) Tank 10 galon (37.8 liter)
	Silinder hidrolik	Hydraulic piston Rexroth Bosch CDT4 MF1 D7x100
	motor listrik	Liming 51K60U-5A
Input daya alat	Power pack	7.5 kW
	motor listrik	60 watt
Output daya aktuator	Power pack	246,1 bar, 13,2 liter/menit
	Silinder hidrolik	2 x 611,2794 kN
	motor listrik	405 mN.m
Kecepatan gerak aktuator	Silinder hidrolik	8,85 mm/detik
	motor listrik	1450 rpm
Mekanisme slider	<i>round guide 4 column (movable) (linear bearing)</i>	
Mekanisme konversi signal	<i>relay dan kontaktor</i>	
Jenis tombol aktuator	kotak, rata, menyala, 2 tombol ditekan bersamaan	
Jenis adaptor bahan uji	model plat dengan dua dinding pe atas	
Angka keamanan minimal	2	
Rentan ukuran cetakan uji	20 - 60 milimeter	
Fitur alat	pin posisi	
	<i>preause switch + preasure control</i>	
	<i>distance sensor</i>	
	<i>positioning plate</i>	
	<i>linear bearing guide</i>	
	<i>caster adjustier</i>	
	sensor overload	
	jalur dan penampungan material sisa	
	penjepit pengambil produk uji	
	<i>emergency stop</i>	
<i>sand paper belt</i>		

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, perancangan dengan metode *Front-end process* menghasilkan rancangan konsep desain alat uji dengan spesifikasi yang ditunjukkan pada Tabel 8 dan model 3 dimensi yang ditunjukkan pada Gambar 3 (dimensi alat uji) dan Gambar 4 (bagian-bagian alat uji).

Saran untuk penelitian selanjutnya proses perancangan dapat dilakukan dengan metode perancangan lain agar dapat dibandingkan dengan hasil perancangan metode *Front-end process* untuk mendapatkan hasil perancangan alat uji yang lebih baik. Penelitian selanjutnya juga dapat dilakukan dengan mengevaluasi desain yang dihasilkan oleh penelitian ini sebagai referensi pengembangan desain selanjutnya.

#### Daftar Pustaka

- Anggoro, W., 2015, Pengembangan Variasi Desain Berbasis *Artistic Computer Aided Manufacturing (ArtCam)* dan *Rapid Prototyping (RP)* untuk Meningkatkan Daya Saing Souvenir, Universitas Atma Jaya Yogyakarta, Yogyakarta.
- Basir, A., 2008, Analisis Hasil Pembuatan Koin Aluminium dengan Proses Blanking Menggunakan Beban Impak Benda Jatuh Bebas, Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatra Utara, Sumatra Utara.
- Buck, M., Ruetz, D., Freitag, R., 2015, ITB World Travel Trends Report 2015/2016, ITB Academy, Berlin.
- Eppinger, S.D., Pimmler, T.U., 1994, *Integration Analysis of Product Decompositions*, Massachusetts Institute of Technology Cambridge, Massachusetts.
- Guo, K., 2009, *Development of Design Tools for Coining Process Using FEM*, Department of Mechanical and Aerospace Engineering, Ottawa-Carleton Institute of Mechanical and Aerospace Engineering, Carleton University, Ottawa, Canada
- Ithisoponakul, S., Wongsamarnmanee, T. dan Premanond, V., 2014, *Improvement of an industrial tool life for minting the circulating coins*, Faculty of Engineering, Rajamangala, University of Technology Thanyaburi, Bangkok, Thailand.
- Kwak, T. S., Kim, Y. K., dan Bae, W. B., 2003, *The effect of V-ring indenter on the sheared surface in the fine-blanking process of pawl*, *Journal of Materials Processing Technology*, Pusan National University, Busan, South Korea.
- Lanzagorta, A.N.O., 2012, *Design of a Humanoid Neck Movements and Eye-Expression Mechanisms*, University of Skövde, Swedia.
- Lindmark, O., Nilsson, A., 2014, *A method for Turning Needs to Ideas and Requirements for Innovative Products*, *Industrial Design Engineering Lulea University*, Swedia.
- Mori, H., Shibata, Y. dan Araki, Shyunji., 2014, *Surface improvement of coining dies with DLC films*, 11th International Conference on Technology of Plasticity, Nagoya, Japan.
- Nalbant, M., Tekiner, Zafer., dan Gurun, H., 2005, *An experimental study for the effect of different clearances on burr, smooth-sheared and blanking force on aluminium sheet metal*, *Journal of Materials and Design*, Gazi University, Ankara, Turkey.
- Soekadijo, R.G., 2000, *Anatomi Pariwisata: Memahami Pariwisata sebagai "Systemic Linkage"*, PT Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Subramonian, S., Altan, T. Dan Campbell, C., 2013, *Optimum selection of variable punch-die clearance to improve tool life in blanking non-symmetric shapes*, *International Journal of Machine Tools & Manufacture*, Ohio State University, Columbus, United State of America.
- Thipprakmas, S., 2008, Finite element analysis of V-ring indenter mechanism in fine-blanking process, *Journal of Materials and Design*, King Mongkut's University of Technology Thonburi, Thailand.
- Ulrich, K., T., and Eppinger, S., D., 2008, *Product Design and Development*, McGraw-Hill, USA



Zhong, W., Liu, Y., dan Li, S., 2012, *Research on the mechanism of flashline defeci in coining*, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China.





*Halaman ini sengaja dikosongkan*



# TP – TEKNIK PRODUKSI



*Halaman ini sengaja dikosongkan*



## Pengembangan Model Desain Motif Batik Tulis *Hand-Drawn* Berbasis *Bezier Curve*

**Pramudi Arsiwi, Muh. Arif Wibisono**

Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281  
Telp. 082227926673  
E-mail: pramudi.arsiwi@gmail.com

### Intisari

*Trend desain motif batik tulis saat ini cenderung semakin kreatif dan variatif, dikarenakan adanya tuntutan para konsumen batik yang menghendaki desain motif batik yang makin beragam, sehingga pendekatan metode produksi batik pun berkembang dari make to stock menjadi design to order. Hal ini memicu munculnya kebutuhan akan sebuah sistem desain/software khusus untuk mendesain motif batik tulis berkarakter hand-drawn. Tujuan penelitian ini adalah dihasilkannya sebuah model desain motif batik tulis hand-drawn berbasis vektor, sehingga desain dapat dilanjutkan untuk proses manufaktur batik dan dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan desain motif batik tulis yang sangat beragam dari konsumen. Bentuk motif yang berkarakter hand-drawn, yaitu jarak antar motif tidak persis sama sesuai dengan karakter batik tulis buatan tangan, dapat dihasilkan dengan menggunakan kurva Bezier. Agar jarak antar motif tidak identik, pada saat generate koordinat kurva Bezier diberikan faktor random terkontrol agar terdapat perbedaan jarak antar motif namun dalam rentang nilai yang kecil. Penelitian ini mampu mengembangkan sebuah sistem desain berbasis bezier curve, yang dapat digunakan untuk menghasilkan desain-desain batik tulis hand-drawn seperti layaknya batik tulis tradisional yang dibuat secara manual, dengan menggunakan model matematis random terkontrol. Metode terbaik untuk menghasilkan posisi motif berkarakter hand-drawn adalah dengan memberikan tingkat deviasi posisi sebesar 10%. Input dan output pada sistem desain ini juga sudah berbasis vektor dengan format SVG, sehingga data dari output sistem desain dapat langsung digunakan untuk proses manufaktur batik tulis tersebut.*

*Kata Kunci: Batik Tulis, Sistem Desain, Hand-Drawn, Bezier, Random*

### 1. Pendahuluan

Batik Indonesia secara resmi telah diakui oleh *United Nations Educational, Scientific, and Cultural Organization* (UNESCO), dan mendapatkan pengakuan sebagai “*Intangible Cultural Heritage of Humanity*” (Unesco, 2009). Balai Besar Kerajinan Batik (2013) menuliskan bahwa batik terbagi menjadi beberapa jenis, yaitu batik tulis, batik cap atau batik kombinasi tulis dan cap. Ciri khas batik tulis, detail motif yang ada tidak akan pernah terlihat sama persis antara detail yang satu dengan yang lain. Hal ini terjadi karena motif batik tersebut dikerjakan manual dengan tangan manusia (Jogja News, 2011).

*Trend* desain motif batik tulis sekarang ini cenderung semakin kreatif dan variatif, dikarenakan adanya tuntutan para konsumen batik yang menghendaki desain motif batik yang makin beragam (Asmal *et al.*, 2015), sehingga pendekatan metode produksi batik saat ini juga berkembang dari *make to stock* menjadi *design to order* (Radhakrishnan *et al.*, 2008; Wibisono *et al.*, 2010). Kendalanya, tidak semua orang memiliki kemampuan dan kesabaran yang cukup untuk mendesain sendiri motif batik tulis pada sehelai kain satu per satu, dan hanya tangan-tangan profesional yang bisa melakukannya (Batik Di GaleriPos, 2015). Hal ini memicu munculnya kebutuhan akan sebuah sistem desain yang mudah digunakan serta fleksibel, sehingga dapat



digunakan untuk memenuhi kebutuhan desain motif-motif batik tulis yang sangat beragam dari konsumen.

Penggunaan sistem desain berbantuan komputer atau biasa disebut CAD (*Computer Aided Design*) dalam sistem produksi telah terbukti dan teruji mampu mereduksi waktu secara signifikan apabila dibandingkan dengan proses konvensional, khususnya pada tahap pembuatan desain (Ondogan dan Erdogan, 2006). Sebagai contoh adalah sebuah perusahaan tekstil di India yang setelah penggunaan sistem CAD mampu mereduksi total waktu pendesainan kain sari menjadi hanya 104 menit per kain, dari yang sebelumnya mencapai 428 menit jika dilakukan dengan metode konvensional (Sundaram and Prakash, 2014).

Penelitian tentang metode pendesainan batik telah dilakukan oleh beberapa peneliti sebelumnya, yaitu Wibisono dan Toha (2000) yang mengembangkan *software* CAD untuk batik cap. Hariadi *et al.* (2007) mengembangkan sebuah *software* untuk mendesain motif batik dengan nama Batik *Fractal*, dengan menggunakan matematika *fractal*. Wibisono *et al.* (2010) mengembangkan sistem desain untuk motif batik tulis. Asmal *et al.* (2015) juga telah mengembangkan *software* CAD untuk batik tulis, dimana sistem tersebut berbasis kata kunci karakter, dengan input *software* berupa sub-sub motif hasil *scanning* motif yang nantinya akan disusun menjadi motif-motif batik yang baru. Sedangkan Rif'ah dan Wibisono (2015) juga telah mengembangkan sebuah sistem berbasis komputer untuk mensimulasikan desain motif batik dari segi pewarnaan.

Pengembangan sistem desain yang telah dilakukan oleh Wibisono dan Toha (2000), Hariadi *et al.* (2007), Wibisono *et al.* (2010), serta Rif'ah dan Wibisono (2015) hanya sebatas pengembangan sistem desain motif batik yang masih berbasis raster, sehingga tidak dapat dilanjutkan untuk proses *Computer Aided Manufacturing* (CAM) pada mesin CNC (*Computer Numerical Controlled*). Sedangkan Asmal *et al.* (2015) telah mengembangkan sistem desain untuk batik tulis dan berbasis vektor, namun karakter motif-motif yang dihasilkan masih identik dan belum berkarakter *hand-drawn*.

Dari penelitian-penelitian tersebut, dapat diketahui bahwa belum ada yang dapat mengembangkan sistem desain yang dapat menghasilkan batik tulis berkarakter *hand-drawn* dan output sistem dapat langsung diteruskan untuk proses manufaktur. Oleh karena itu, pada penelitian ini dikembangkan sebuah sistem desain/*software* khusus untuk mendesain motif batik tulis *hand-drawn* yang berbasis vektor, sehingga desain dapat dilanjutkan untuk proses manufaktur namun hasilnya tetap menyerupai batik tulis buatan tangan. Pengembangan sistem desain berbasis vektor dengan input parametrik, terbukti memberikan hasil yang lebih baik dalam hal akurasi hasil, waktu permesinan lebih efisien, serta lebih fleksibel terhadap perubahan (Radhakrishnan *et al.*, 2008; Fitter *et al.*, 2014). Untuk mendukung pengembangan *software* berbasis vektor, maka penelitian ini menggunakan pemrograman berbasis HTML, *javascript*, dan *php*, serta *scalable vector graphics* (SVG) sebagai format *file* input dan output dari *software* batik tulis yang dikembangkan.

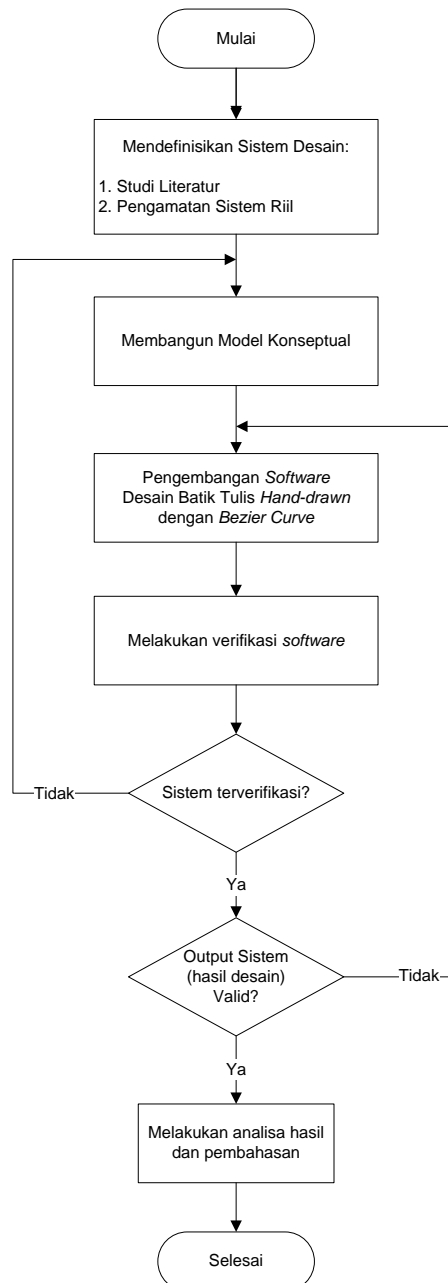
Pada *software* yang dibangun, bentuk motif yang dihasilkan harus memiliki karakter *hand-drawn*, yaitu tidak persis sama antara detail motif yang satu dengan yang lainnya sesuai dengan karakter batik tulis, baik dari segi jarak antar motif maupun bentuk motif. Untuk menghasilkan desain yang berkarakter *hand-drawn*, salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Bezier Curve* (Farin, 1997; Asmal, 2015). *Bezier Curve* sudah terbukti dapat digunakan sebagai salah satu teknik untuk merepresentasikan kurva maupun gambar *hand-drawn* (Blejec, 1993; Chang and Yan, 1998). Agar bentuk dan jarak antar motif tidak identik, pada saat men-*generate* koordinat kurva *Bezier* diberikan faktor deviasi/random terkontrol, agar terdapat bias (perbedaan) antar motif namun dalam rentang nilai yang kecil.



## 2. Metodologi

*Bezier curve* digambar menggunakan 4 koordinat, dengan titik X1 dan X4 sebagai *end points*, dan titik X2 dan X3 sebagai *control point*. Keuntungan dari *Bezier curve* adalah kurva dapat didefinisikan dan diubah dengan mudah dengan terlebih dahulu mendefinisikan posisi dari titik kedua dan ketiga yang merupakan *control point*. Selain itu, *Bezier curve* mampu mengontrol kurva secara global (Radhakrishnan *et al.*, 2008).

*Bezier curve* tersebut digunakan untuk membuat motif *isen-isen* dan motif utama, yang akan dipakai sebagai template pada sistem desain. Gambar 1 menunjukkan *flowchart* penelitian yang dilakukan untuk mengembangkan sistem desain batik tulis *hand-drawn* berbasis *bezier curve*.



Gambar 1 *Flowchart* Tahapan Penelitian

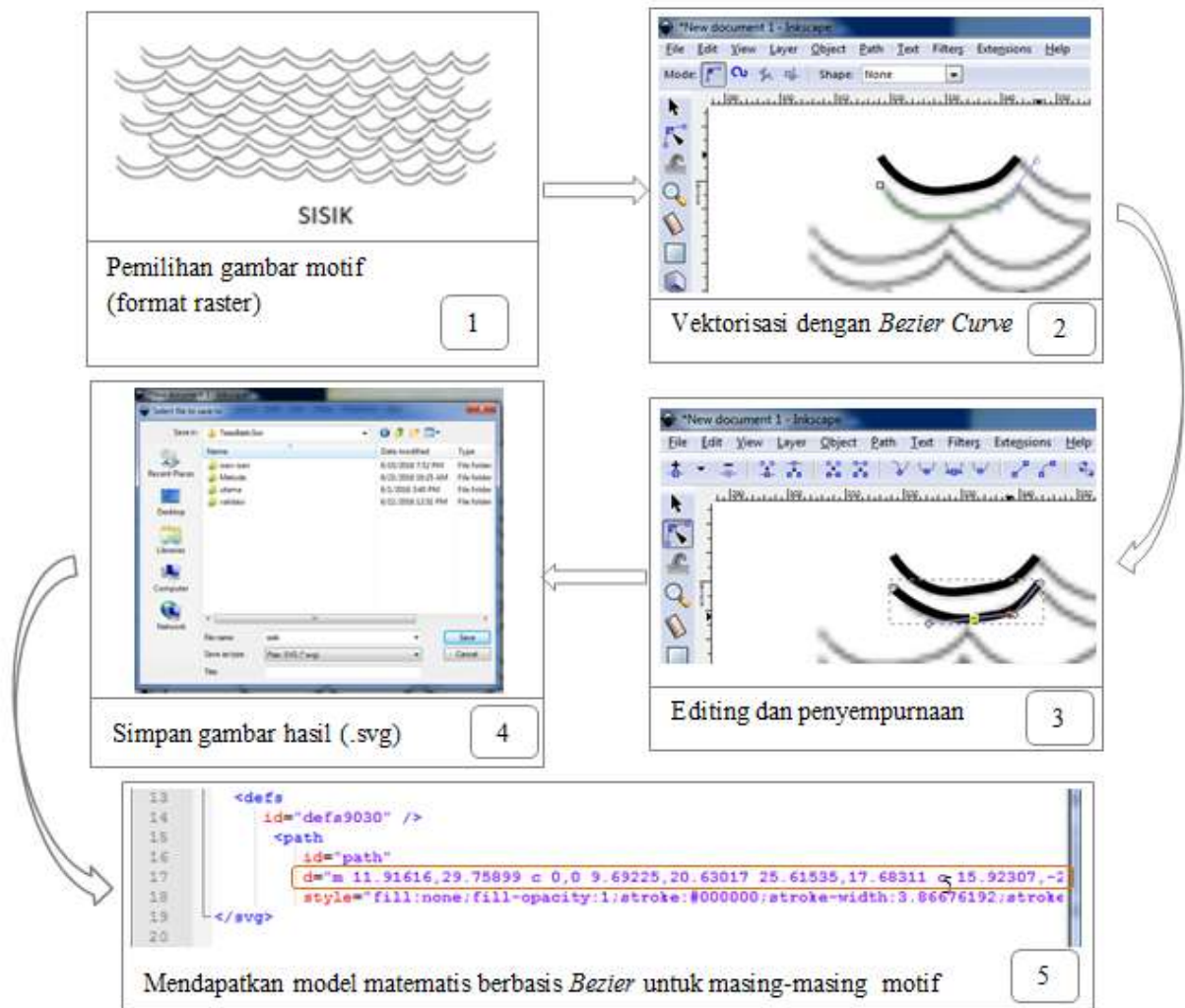


### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengembangan model desain motif batik tulis berkarakter *hand-drawn* dengan *Bezier curve* ini secara garis besar terdiri dari (1) pengembangan model untuk pembuatan desain batik berkarakter *hand-drawn*, (2) pengembangan *software* batik tulis berkarakter *hand-drawn*, dan (3) verifikasi *software*, dan (4) validasi output hasil desain batik tulis.

#### 3.1 Fitur *Bezier* Motif Dasar




Motif-motif dasar batik, baik motif utama maupun *isen-isen*, dibuat dengan kurva *Bezier* menggunakan *software Inkscape*. Alur penyusunan model *bezier* motif dan contoh model matematis *bezier* motif batik tulis dapat dilihat pada Gambar 2 dan Tabel 1.



Gambar 2 Alur Penyusunan Model *Bezier* Untuk Motif Dasar Batik Tulis

Tabel 1 Contoh Model Matematis *Bezier* Motif Batik Tulis

No.	Nama Motif	Model Matematis	Hasil Desain
1.	Cecek	$m$ 35.591671,32.436099 $c$ 0,0 -3.416937,6.752653 2.682284,3.04751 $c$ 2.83798,-1.724013 -3.312661,-4.488695 -2.682284,-3.04751 $z$	

No.	Nama Motif	Model Matematis	Hasil Desain
2.	Cecek pitu	m38.35506,20.22989c0,0 -3.38041,2.35395 2.84883,4.694c3.07234,1.15387 4.11548,-6.42333 - 2.84883,-4.694z .....m- 15.22769,7.25187c0,0 -3.20603,2.80481 2.70245,5.5927c2.91417,1.37526 3.90366,-7.65344 - 2.70245,-5.5927z	
3.	Sisik melik	m22.90826,28.78325c0,0 7.15596,18.24681 22.899,18.24681c15.74323,0 28.14682,-9.90441 29.10081,- 15.1189m-28.34821,-2.78551c0,0 -2.58421,1.87969 2.17823,3.74641c2.34869,0.92126 3.14635,-5.12713 - 2.17823,-3.74641z	
4.	Sawut	m18.95508,34.83398c0.07466,0.01743 36.64477,3.05639 52.00391,0.46172	

### 3.2 Metode Random Posisi

Metode untuk menghasilkan batik tulis berkarakter *hand-drawn* adalah dengan melakukan random posisi. Metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 Model Matematis Posisi Random Terkontrol

	Pola Sejajar	Pola Selang-Seling
Acuan jarak X (x)	$x = \frac{p}{(rh+1)}$	$x = \frac{p}{(rh+1)}$
Acuan jarak Y (y)	$y = \frac{l}{(rv+1)}$	$y = \frac{l}{(rv+1)}$
Random X	$Rx_i = \pm [\text{random}*(a*x)]$	$Rx_i = \pm [\text{random}*(a*x)]$
Random Y	$Ry_i = \pm [\text{random}*(a*y)]$	$Ry_i = \pm [\text{random}*(a*y)]$
Posisi pada sumbu X	kolom ke-i: $x_i = 0 + [(i*x) + Rx_i]$	kolom ke-i: a. Baris ganjil $x_i = 0 + [(i*x) + Rx_i]$ b. Baris genap $x_i = 0 + [(i*x) + Rx_i] + (0,5*x)$
Posisi pada sumbu Y	baris ke-i: $y_i = 0 + [(i*y) + Ry_i]$	baris ke-i: $y_i = 0 + [(i*y) + Ry_i]$

\*a=faktor deviasi (10%, 15%, 20%)

### 3.3 Pengembangan software batik tulis

Karena penelitian ini berfokus pada pengembangan model desain motif batik tulis berkarakter *hand-drawn* dengan fitur *Bezier*, maka untuk *interface software* masih sangat sederhana, namun model konseptual yang disusun tetap dapat dijalankan dengan baik, dan terverifikasi

*Interface* sistem desain untuk menghasilkan batik tulis berkarakter *hand-drawn* yang telah dikembangkan dalam penelitian ini terlihat pada Gambar 3.



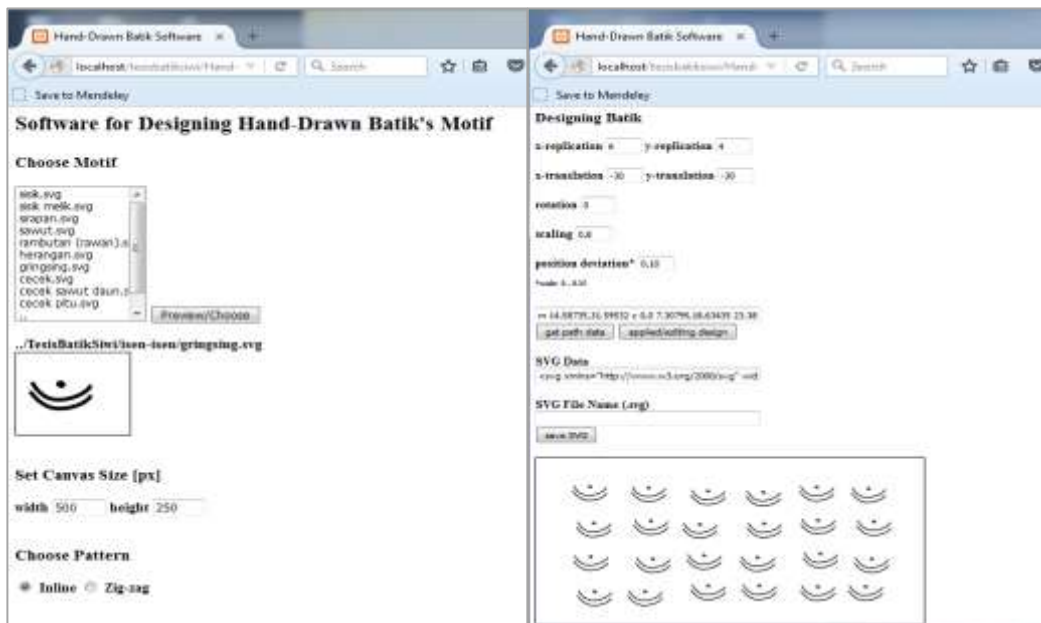


### 3.4 Verifikasi *software* batik tulis

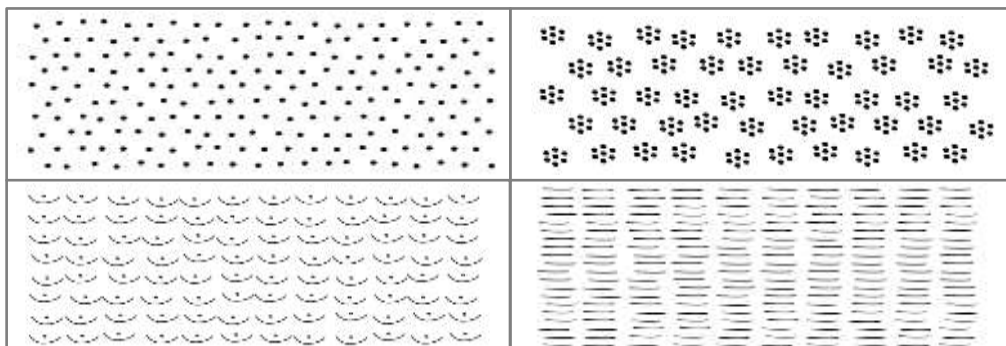
Verifikasi dilakukan dengan cara mengecek apakah terdapat motif yang bersinggungan atau bertumpuk ketika dilakukan replikasi menggunakan model-model matematis yang telah dijelaskan pada Tabel 2. Gambar 4 merupakan beberapa contoh hasil desain dari sistem desain, yang sudah bersifat *hand-drawn* karena posisinya tidak identik namun dalam skala yang kecil.

### 3.5 Validasi output *software* batik tulis

Validasi hasil desain yang merupakan output *software* dilakukan untuk mengetahui metode terbaik yang dapat menghasilkan batik tulis berkarakter *hand-drawn* mendekati hasil batik tulis tradisional. Metode yang digunakan adalah dengan menyebarkan kuesioner berisi gambar-gambar hasil desain batik tulis tradisional dan batik tulis hasil *software* kepada 30 responden. Hal ini sesuai dengan pendapat Cohen, *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa jumlah minimal yang harus diambil oleh peneliti yaitu sebanyak 30 sampel. Pada kuesioner yang dibagikan, responden memberikan penilaian terhadap beberapa gambar hasil desain dari *software*, mengacu dari hasil desain batik tulis tradisional. Hasil desain dari *software* yang dirasa paling mendekati karakter *hand-drawn* seperti batik tulis tradisional, diberi nilai paling tinggi (mendekati 100 dari rentang nilai 0 – 100). Tabel 3 merupakan rekap penilaian 30 responden terhadap hasil desain batik tulis dari sistem desain, dengan beberapa faktor deviasi posisi berbeda.



Gambar 3 Tampilan Sistem Desain Untuk Membuat Batik Tulis *Hand-drawn*



Gambar 4 Contoh Hasil Desain Batik Tulis *Hand-Drawn*

Tabel 3 Penilaian Hasil Desain Batik Tulis *Hand-Drawn* Menggunakan *Software*



Dengan Beberapa Tingkat Deviasi

Tingkat Deviasi Posisi	Nilai Rata - Rata
deviasi 10%	83.2
deviasi 15 %	81.27
deviasi 20%	65.90

Berdasarkan hasil pada Tabel 3 tersebut, diketahui bahwa hasil desain batik tulis dengan tingkat deviasi posisi sebesar 10% mendapatkan nilai tertinggi dari responden sebesar 83,2, sehingga dapat dikatakan bahwa hasil desain dengan deviasi posisi sebesar 10% tersebut dinilai memiliki karakter yang paling *hand-drawn* layaknya batik tulis tradisional.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa penelitian ini mampu mengembangkan sebuah sistem desain berbasis *bezier curve*, yang dapat digunakan untuk menghasilkan desain-desain batik tulis *hand-drawn* seperti layaknya batik tulis tradisional yang dibuat secara manual, dengan menggunakan model matematis random terkontrol. Metode terbaik untuk menghasilkan posisi motif berkarakter *hand-drawn* adalah dengan memberikan tingkat deviasi posisi sebesar 10%.

Input dan output pada sistem desain ini juga sudah berbasis vektor dengan format SVG, sehingga data dari output sistem desain dapat langsung digunakan untuk proses manufaktur batik tulis tersebut.

#### Daftar Pustaka

- Asmal, S., Subagyo, Wibisono, M. A., Sudiarmo, A., 2015, *Pengembangan Sistem CAD Berbasis Kata Kunci Karakter Untuk Mendesain motif batik Tulis*, Disertasi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Balai Besar Kerajinan dan Batik, 2013, *Sertifikasi Batik Mark*, [http://batik.go.id/page/show/sertifikasi\\_batik\\_mark](http://batik.go.id/page/show/sertifikasi_batik_mark) (Online Accessed: September 19<sup>th</sup>, 2015).
- Batik Di Galeri Pos, 2015, *Batik Tulis: Karya Seni*, <http://batik.gpos.co/batik-tulis-karya-seni/> (Online Accessed: October 3<sup>rd</sup>, 2015).
- Blejec, A., 1993, Bezier Curves: Simple Smoothers of Noisy Data, *Developments in Statistics and Methodology – Metodoloski Zvezki*, 9.
- Chang, H. H. and Yan, Ho., 1998, Vectorization of Hand-Drawn Image Using Piecewise Cubic Bezier Curves Fitting, *Elsevier Science Journal - Pattern Recognition*, 31(11), pp. 1747 – 1755.
- Cohen, L., Manion, L., Morrison, K., 2007, *Research Methods in Education*. 6<sup>th</sup> Ed., London: Routledge.
- Farin, G., 1997, *Curves and Surfaces for Computer Aided Geometric Design: A Practical Guide*, 4<sup>th</sup> Ed., Academic Press, New York.
- Fitter, H. N., Pandey, A.B., Mistry, J.M., Patel, D.D., 2014, Comparison of Parametrically Programmed Machining with CAM System Machining for C<sup>0</sup> Continuity Bezier Curves Based on Various Parameters, *12<sup>th</sup> Global Congress on Manufacturing and Management*, 97, 1167-1177.
- Hariadi, Y., Lukman, M., Haldani, A., 2007, Batik Fractal: From Traditional Art to Modern Complexity, *Proceeding Generative Art X Milan Italia. Arte-Polis 3, International Conference On Creative Collaboration and The Making of Place 1*.
- Jogja News, 2011, *Cara Membedakan Batik Tulis, Cap, dan Printing*, <http://jogjanews.com/cara-membedakan-batik-tulis-cap-dan-printing> (Online Accessed: October 3<sup>rd</sup>, 2015).



- Ondogan, Z. and Erdogan, C., 2006, The Comparison of The Manual and CAD Systems for Pattern Making, Grading and Marker Making Processes, *Journal of Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 14 (1), 62-67.
- Radhakrishnan, P., Subramanyan, S., and Raju, V., 2008, *CAD/CAM/CIM*, Third ed., New Age International (P) Ltd., New Delhi.
- Rifah, M. I., dan Wibisono, M. A., 2015, *Pengembangan Sistem Berbasis Komputer Untuk Mensimulasikan Teknik Pewarnan Batik*, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sundaram, K.S. and Prakash, M., 2014, Study on Impact of CAD/CAM Tools and Production of Punched Cards by Indian Silk Saree Designer for Handloom Industry, *Proceedings of The 47<sup>th</sup> CIRP Conference on Manufacturing System*, 17, 818-824.
- Unesco, 2009, *Indonesian Batik*, <http://www.unesco.org/culture/ich/en/RL/00170> (Online Accessed: September 19<sup>th</sup>, 2015).
- Wibisono, M. A. dan Toha, I. S., 2000, Desain motif batik *Canting Cap* Berbantuan Komputer, *Prosiding Seminar Nasional Proses Produksi*, Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Wibisono, M. A., Wisudawan, C. G., Afriliana, E. H., Arbi, A., 2010, Integrasi Proses Desain dan Manufaktur Batik Tulis, *Seminar Nasional Tahunan Teknik Mesin (SNTTM) ke-9*, Palembang.



## IMPLEMENTASI *LEAN HEALTHCARE* PADA PASIEN BPJS RAWAT JALAN DI RUMAH SAKIT BETHESDA YOGYAKARTA

**Anisa Kharismawati, M.K Herliansyah**

S2 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281  
Telp. 081371139486  
E-mail: anisashariza@gmail.com

### Intisari

*Lean merupakan sebuah filosofi untuk mengurangi aktivitas yang berupa pemborosan (waste) dan banyak perusahaan yang telah mendapatkan manfaat dengan mengimplementasikan lean yang dapat meningkatkan efektivitas dan efisiensi perusahaan. Tidak tertutup kemungkinan untuk mengimplementasikan konsep lean pada penyedia layanan kesehatan. Rumah sakit Bethesda Yogyakarta merupakan salah satu penyedia layanan kesehatan yang mengutamakan keselamatan dan kepuasan pasien. Penelitian ini difokuskan pada pelayanan pasien BPJS rawat jalan yang selama ini memiliki banyak masalah dalam sistem pelayanannya. Masalah tersebut berupa waste yang harus dihindari. Dalam penelitian ini menggunakan value stream mapping untuk memetakan proses pelayanan pasien BPJS rawat jalan. Selanjutnya menggunakan fishbone diagram untuk mengetahui penyebab permasalahan dan membangun perbaikan berdasarkan hasil FMEA. Dari hasil penelitian diperoleh waste paling kritis adalah waste waiting yang terjadi pada bagian pendaftaran, penyakit saraf, penyakit dalam dan bagian farmasi. Berdasarkan hasil RPN pada FMEA yang tertinggi sebesar adalah 392 terjadi pada bagian penyakit saraf, penyakit dalam dan juga pada proses pemberian obat dibagian farmasi maka perbaikan diprioritaskan pada bagian tersebut. Pada bagian penyakit saraf dan penyakit dalam perbaikan yang direkomendasikan adalah pembatasan jumlah pasien perhari sebanyak 48 pasien. Sedangkan pada bagian farmasi perbaikan dilakukan dengan melakukan proses verifikasi resep yang dilakukan oleh petugas penerima resep setelah terkumpul 4 resep. Rekomendasi perbaikan tersebut dapat mengurangi waktu tunggu pasien sebesar 30.61%*

*Kata Kunci: Lean Healthcare, Value Stream Mapping, Fishbone Diagram, Failure Mode and Effect Analysis, Simulation*

### 1. Pendahuluan

Saat ini jasa pelayanan kesehatan ditantang untuk menjadi jasa layanan yang terjangkau, mudah di akses, aman, teliti, efisien dan biaya seefektif mungkin (Poksinska, 2010). Salah satu dari layanan kesehatan tersebut adalah rumah sakit. Tugas dari rumah sakit adalah memberikan pelayanan kesehatan perorangan secara paripurna. Maka pihak rumah sakit harusnya dapat memenuhi tugas tersebut dengan baik. Selain itu semakin meningkatnya persaingan antar rumah sakit yang ada, menuntut pihak rumah sakit untuk selalu berbenah diri agar dapat berkompetisi dengan rumah sakit-rumah sakit yang lain.

Namun pada realitanya yang paling sering pasien temui saat ingin mendapatkan pelayanan kesehatan di rumah sakit yang ada di Indonesia adalah waktu menunggu yang lama dan proses administrasi yang berbelit-belit. Salah satu contoh dari bagian pelayanan rumah sakit yang sering mengalami kepadatan pasien dan proses administrasi yang lama adalah bagian BPJS (Badan Penyelenggara Jaminan Sosial). Dengan keadaan seperti ini tentu saja kepuasan pasien BPJS terhadap rumah sakit akan menurun. Selain itu rumah sakit akan semakin sulit untuk bersaing dengan rumah sakit lainnya.

Begitu pula masalah yang dihadapi oleh salah satu Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta. Rumah sakit tersebut menginginkan proses jasa yang efektif dan efisien terutama pada bagian



BPJS yang pesertanya paling banyak dibandingkan dengan peserta bagian lainnya. Untuk mewujudkan keinginan tersebut, tentu saja terlebih dahulu membuat setiap lini yang berhubungan pada pelayanan peserta BPJS efektif dan efisien agar dapat menghasilkan jasa pelayanan kesehatan dengan kualitas baik. Untuk mencapai hal tersebut rumah sakit perlu melakukan perbaikan terus menerus dengan mengurangi aktivitas-aktivitas yang tidak bernilai tambah dan meminimalkan terjadinya berbagai pemborosan. Salah satu pendekatan yang dapat digunakan adalah *Lean Healthcare*

## 2. Metode Penelitian

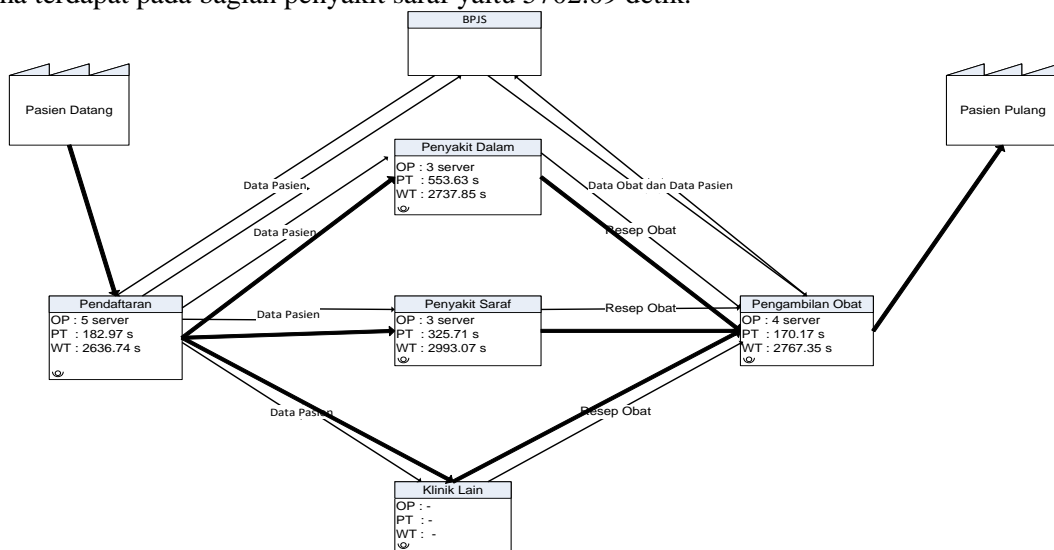
Penelitian ini dilakukan selama bulan Januari- Februari 2016 di Rumah Sakit Bethesda Yogyakarta. Dalam penelitian ini pengumpulan data dilakukan dengan observasi. Data-data yang dibutuhkan seperti waktu tiap proses dan waktu tunggu diukur menggunakan *stopwatch*. Untuk mengetahui *waste* apa saja yang terjadi dilakukan penyebaran kuisioner pada pihak yang terkait terhadap pelayanan pasien BPJS seperti dokter, perawat, apoteker atau staf administrasi. Selain itu juga dilakukan observasi secara langsung untuk mengetahui penyebab terjadinya *waste*. Untuk jarak tiap lokasi proses dan tata letak ruangan juga didapatkan dengan observasi secara langsung.

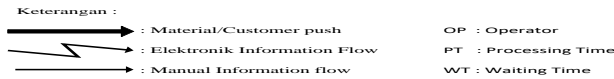
Observasi secara langsung untuk mengetahui alur dari pasien BPJS dan menghitung waktu proses serta waktu tunggu tiap bagian pelayanan pasien BPJS. Kemudian setelah mendapatkan alur pasien BPJS dan data waktu proses dan waktu tunggu pasien membuat *Value Stream Mapping*. Setelah itu menyebarkan kuisioner pada pihak yang terkait terhadap pelayanan pasien BPJS, untuk mendapatkan jenis *waste* dan peringkat keseringan terjadinya *waste* yang terdapat pada bagian pelayanan pasien BPJS. Setelah didapatkan *waste* yang terjadi maka dianalisa menggunakan *fishbone diagram*, agar diperoleh penyebab dari *waste* tersebut. Menganalisa tiap-tiap jenis *waste* menggunakan FMEA sehingga didapatkan solusi apa yang akan diberikan dari penyebab dan dampak yang dihasilkan dari tiap *waste* serta perbaikan mana yang harus diprioritaskan dilakukan lebih dulu. Selanjutnya memberikan rekomendasi perbaikan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Value Stream Mapping

Menurut Womack & Jones (2000), *value stream mapping* adalah semua kegiatan (*value added* atau *non-value added*) yang dibutuhkan untuk membuat produk melalui aliran proses produksi utama. Gambar 1 merupakan value stream mapping yang menggambarkan alur pasien BPJS. Waktu proses terlama adalah bagian penyakit dalam yaitu 553.63 detik dan waktu tunggu terlama terdapat pada bagian penyakit saraf yaitu 5702.09 detik.





Gambar 1 Value Stream Mapping Pelayanan Pasien Rawat Jalan BPJS

### 3.2 Identifikasi Waste

Tujuan utama dari system *Lean* adalah mengurangi *waste*. *Waste* adalah sesuatu yang pelanggan tidak mau membayarnya. *Waste* berarti non-value-adding activities, dalam sudut pandang pelanggan (Hines dan Taylor 2000). Dalam *lean* terdapat 7 waste yaitu *waiting*, *over processing*, *over production*, *defect/correction*, *transpormation*, *motion* dan *inventory*.

Berdasarkan hasil *brainstroming* dan pengamatan terhadap aliran fisik dan aliran informasi pada proses pelayanan pasien rawat jalan BPJS, maka dapat diidentifikasi *waste* yang terjadi di dalam proses pelayanan pasien rawat jalan BPJS yaitu:

#### 1. *Waiting*

Terdapat aktivitas menunggu oleh petugas pada bagian pendaftaran karena ada beberapa pasien yang belum melengkapi persyaratan. Selain itu aktivitas menunggu juga terjadi pada bagian klinik penyakit dalam dan klinik saraf karena dokter yang datang terlambat dan aktivitas menunggu oleh pasien pada bagian farmasi karena petugas harus memverifikasi obat yang akan diberikan sesuai dengan obat yang disediakan oleh BPJS.

#### 2. *Defect/Correction*

Terjadi *error* pada sambungan data atau layanan sistem BPJS ketika petugas pendaftaran ingin menginputkan data pasien dan terdapat pengecekan berulang-ulang pada bagian farmasi saat memastikan obat yang diberikan pasien sudah benar.

#### 3. *Transportation*

Terjadinya perpindahan yang berlebihan pada bagian klinik penyakit dalam. Petugas bagian klinik penyakit dalam harus mengambil rekam medis pasien ke bagian rekam medis. *Waste* ini hanya terjadi pada salah seorang dokter yang tidak menggunakan e-rekam medik.

#### 4. *Over Processing*

Terjadinya pergerakan yang seharusnya tidak diperlukan pada bagian klinik penyakit dalam.

### 3.3 Identifikasi Waste Kritis

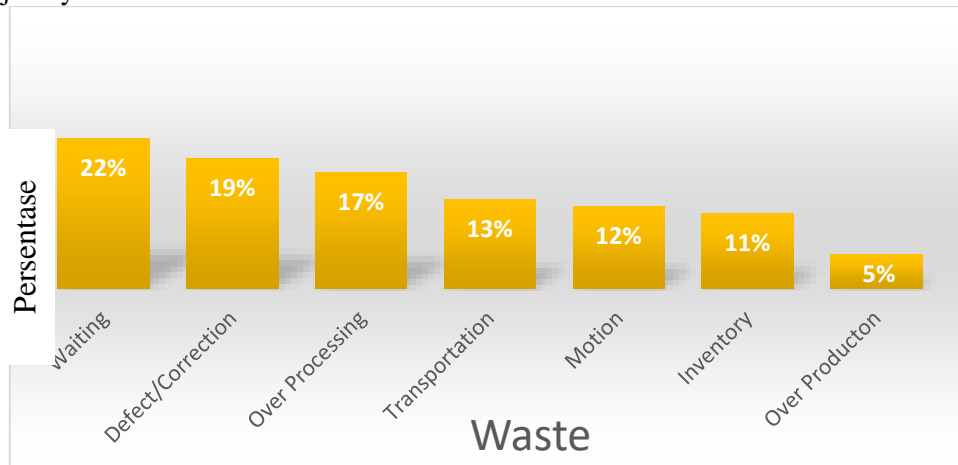
Pada tahap identifikasi *waste* kritis ini dilakukan penyebaran kuisisioner pada petugas yang terkait langsung dalam pelayanan pasien BPJS rawat jalan. Kuisisioner dilakukan dengan menggunakan metode Borda yaitu dengan memberikan peringkat untuk masing-masing jenis *waste* serta mengalikannya dengan bobot yang telah sesuai yaitu peringkat 1 mempunyai bobot tertinggi yaitu (n-1) demikian seterusnya hingga didapatkan *waste* dengan bobot tertinggi yang merupakan *waste* kritis.

Tabel 1 Hasil Kuisisioner Identifikasi Waste

No	Waste	Peringkat							Total	Persentase	Rank
		1	2	3	4	5	6	7			
1	<i>Over Processing</i>	0	1	4	1	0	1	0	25	17%	3
2	<i>Defect/Correction</i>	2	1	2	1	0	0	1	28	19%	2
3	<i>Inventory</i>	2	0	0	0	1	2	2	16	11%	6
4	<i>Over Production</i>	0	0	0	0	4	0	3	8	5%	7
5	<i>Transportation</i>	0	0	2	2	2	1	0	19	13%	4
6	<i>Waiting</i>	2	3	0	2	0	0	0	33	22%	1
7	<i>Motion</i>	0	2	0	2	0	2	1	18	12%	5
Bobot		6	5	4	3	2	1	0		100%	
Total									147		



Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa urutan peringkat keseringan terjadinya *waste* pada proses pelayanan pasien rawat jalan BPJS. Berikut ini adalah diagram peringkat keseringan terjadinya *waste*:

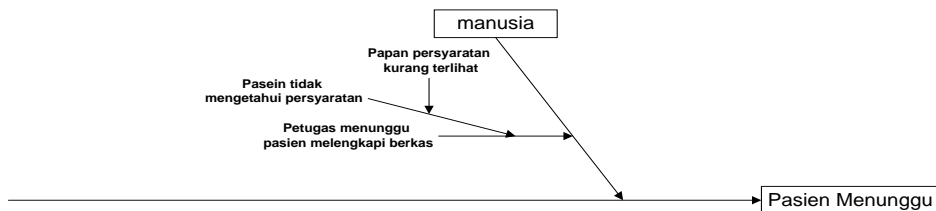


Gambar 2 Diagram Peringkat *Waste* Pada Pelayanan Pasien Rawat Jalan BPJS

Berdasarkan grafik diatas maka *waste* yang paling kritis adalah *waste waiting* dengan persentase sebesar 22% lalu diikuti dengan *waste defect/correction* dengan persentase sebesar 19%.

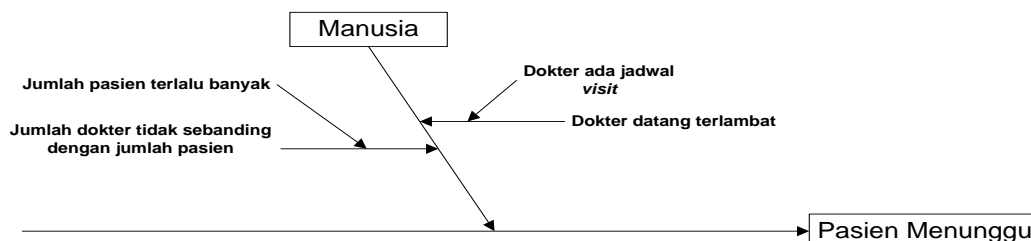
### 3.4 Identifikasi Akar Penyebab *Waste* Kritis Dengan *Fishbone*

Berdasarkan hasil pengolahan kusioner tingkat terjadinya keseringan *waste* didapatkan bahwa *waste* yang paling sering terjadi pada proses pelayanan pasien BPJS rawat jalan adalah *waste waiting* dan *waste defect/correction*. Setelah didapatkan *waste* yang paling sering terjadi pada proses pelayanan pasien BPJS rawat jalan, dilakukan *cause and effect diagram* untuk mengetahui akar penyebab dari permasalahan yang terjadi.



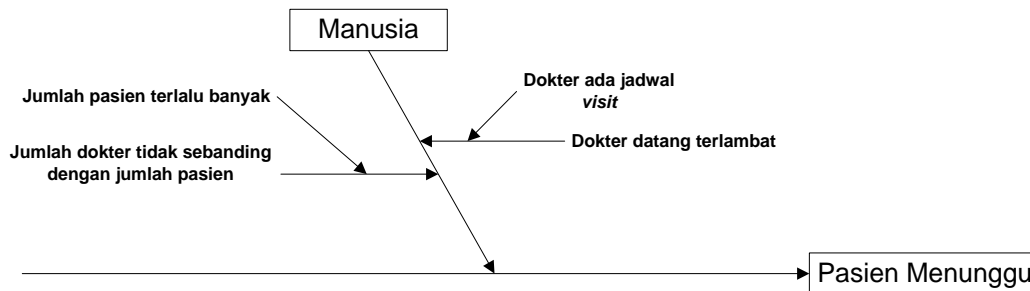
Gambar 3 *Cause and Effect Diagram Waste Waiting* Bagian Pendaftaran

*Waste waiting* yang terjadi pada bagian pendaftaran disebabkan oleh faktor manusia yaitu petugas yang menunggu pasien melengkapi berkas persyaratan, hal ini terjadi karena pasien tidak mengetahui persyaratan apa saja yang harus dipersiapkan. Ketidaktahuan pasien ini dikarenakan papan persyaratan yang ada tidak begitu terlihat.



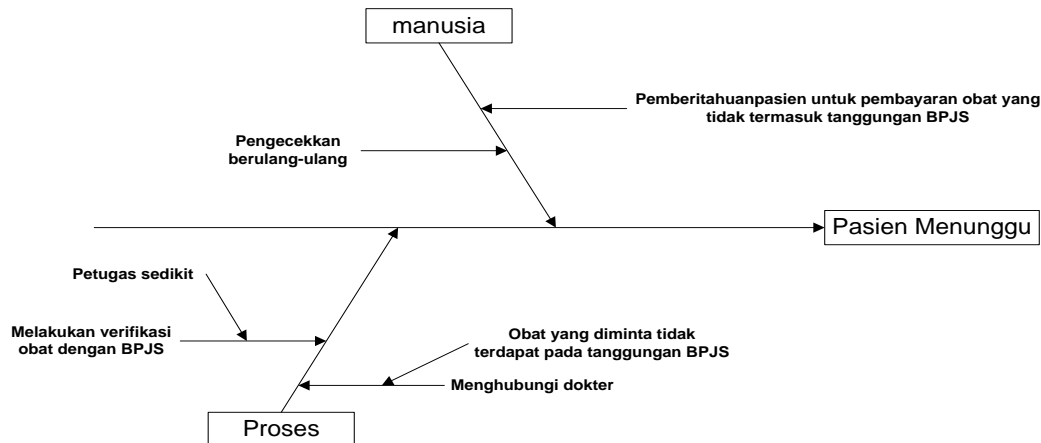
Gambar 4 *Cause and Effect Diagram Waste Waiting* Bagian Penyakit Saraf

*Waste waiting* yang terjadi pada bagian penyakit saraf disebabkan oleh faktor manusia yaitu jumlah dokter tidak sebanding dengan jumlah pasien karena jumlah pasien pada penyakit saraf yang terlalu banyak dan terkadang dokter datang terlambat.



Gambar 5 Cause and Effect Diagram Waste Waiting Bagian Penyakit Dalam

*Waste waiting* yang terjadi pada bagian penyakit dalam juga disebabkan oleh faktor manusia yaitu jumlah dokter tidak sebanding dengan jumlah pasien karena jumlah pasien pada penyakit dalam yang terlalu banyak dan terkadang dokter datang terlambat.



Gambar 6 Cause and Effect Diagram Waste Waiting Bagian Farmasi

*Waste waiting* yang terjadi pada bagian farmasi disebabkan faktor manusia dan faktor proses. Pada faktor manusia terjadi pengecekan obat yang berulang-ulang dan pemberitahuan pada pasien untuk membayar obat yang tidak ditanggung oleh BPJS. Pada faktor proses petugas harus melakukan verifikasi obat dengan BPJS untuk mengetahui apakah obat tersebut ditanggung oleh BPJS atau tidak. Jika tidak ada maka akan dicari obat sejenis dan jika obat sejenis juga tidak ada maka pasien diminta membayar tersebut ke loket Bank yang tersedia di Rumah sakit. Selain itu petugas menghubungi dokter yang memberikan resep untuk memberi tahu bahwa obat yang diresepkan tidak ada dan menanyakan ke dokter apakah boleh menggantinya dengan obat sejenis.

### 3.5 Identifikasi Potensi Kegagalan dengan FMEA

*Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) adalah suatu teknik analitis yang digunakan terutama oleh penanggung jawab disain seperti *engineer* sebagai alat untuk memastikan sejauh mana kemungkinan, potensi kegagalan dan penanganan (Ford 1995). Tabel 2 menunjukkan analisa penyebab dan pengaruh kegagalan *waste waiting* pada proses pelayanan pasien BPJS rawat jalan:



Tabel 2 FMEA Waste Waiting

<i>Deskripsi Proses</i>	<i>Mode Kegagalan</i>	<i>Pengaruh Efek Kegagalan</i>	<i>Severity, S</i>	<i>Penyebab Potensial Kegagalan</i>	<i>Ocurrence,</i>	<i>Proses Kontrol saat ini</i>	<i>Detection, D</i>	<i>RPN</i>
Penerimaan berkas persyaratan	Petugas menunggu pasien melengkapi berkas persyaratan	Pasien lain menunggu lama	5	Pasien tidak mengetahui persyaratan	4	Belum ada	6	120
		Pasien lain menunggu lama	5	Papan persyaratan kurang terlihat jelas	4	Papan pemberitahuan diletakkan ditengah kursi penunggu	5	100
Pemeriksaan penyakit saraf	Jumlah dokter tidak sebanding dengan jumlah pasien	Pasien menunggu lama	7	Jumlah pasien terlalu banyak	8	Belum ada	7	392
	Dokter datang terlambat	Pasien menunggu lama	7	Dokter ada jadwal <i>visit</i> atau kunjungan	8	Membuat jadwal dokter	6	336
Pemeriksaan penyakit dalam	Jumlah dokter tidak sebanding dengan jumlah pasien	Pasien menunggu lama	7	Jumlah pasien terlalu banyak	8	Belum ada	7	392
	Dokter datang terlambat	Pasien menunggu lama	7	Dokter ada jadwal <i>visit</i> atau kunjungan	8	Membuat jadwal dokter	6	336
Pemberian obat	Pengecekan berulang-ulang	Pasien menunggu lama	5	Memastikan obat yang diberikan benar	8	Ada petugas khusus pengecekan	3	120
	Obat tidak termasuk tanggungan BPJS	Menghubungi dokter untuk obat pengganti	5	Tidak semua obat ditanggung oleh BPJS	7	Belum ada	6	210
	Verifikasi obat dengan BPJS	Pasien menunggu lama	7	Petugas sedikit	8	Belum ada	7	392

Dari hasil FMEA diketahui bahwa nilai RPN terbesar adalah 392 terjadi pada bagian penyakit saraf, penyakit dalam dan juga pada proses pemberian obat dibagian farmasi. Pada bagian penyakit saraf dan penyakit dalam terjdadi proses menunggu yang terlalu lama dikarenakan jumlah pasien yang terlalu banyak tidak sebanding dengan jumlah dokter yang melayani selain itu juga pada proses pemberian obat dibagian farmasi hal ini disebabkan proses verifikasi obat dengan BPJS yang menghabiskan waktu lama.



### 3.6 Rekomendasi Perbaikan

Untuk rekomendasi perbaikan dilakukan dengan pemilihan alternatif perbaikan menggunakan simulasi agar mendapatkan solusi terbaik yang dapat mengurangi waktu tunggu pasien.

#### 3.6.2.1. Menganalisa gambaran umum sistem

Menganalisa gambaran umum sistem dengan mengetahui alur proses pelayanan pasien BPJS rawat jalan

#### 3.6.2.2. Membangun model

Untuk membangun model dibutuhkan data distribusi antar waktu kedatangan dan waktu tiap proses. Tabel 4 menunjukkan hasil distribusi data antar waktu kedatangan dan distribusi data tiap proses:

Tabel 4 Distribusi Data Aktivitas

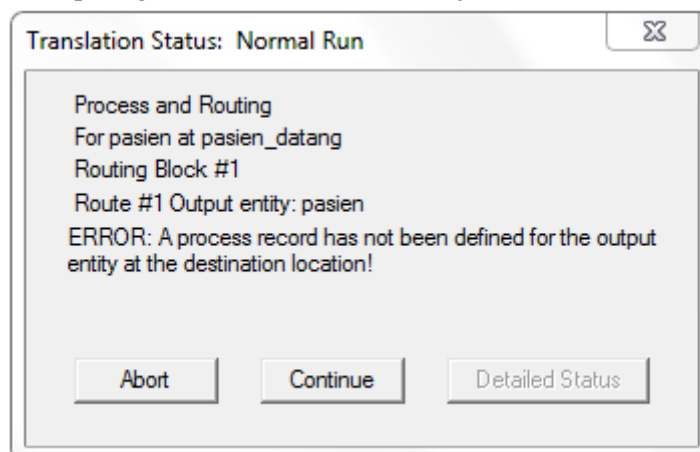
No	Aktivitas	Distribusi
1	Waktu Antar Kedatangan	Lognormal (0, 3.44, 1.11)
2	Pendaftaran	Erlang (29, 3, 42)
3	Pemeriksaan Dokter Saraf	Pearson 6 (124, 364, 5.02, 15.6)
4	Pemeriksaan Dokter Dalam	Pearson 6 (159, 226, 3.11, 3.16)
5	Penerima Resep	Beta (222, 347, 4.2, 4.87)
6	Menyiapkan Obat	Lognormal (223, 3.9, 0.332)
7	Pengecekan Obat	Beta (136, 232, 2.2, 2.05)
8	Pemberian Obat	Log-logistic (39, 1.97, 84.7)

Selanjutnya model simulasi pengambilan obat pada bagian farmasi dibangun menggunakan software ProModel.

#### 3.6.2.3. Melakukan verifikasi model

Model perlu dilakukan verifikasi untuk memastikan bahwa logika-logika dari pemrograman komputer yang disusun sesuai dan benar dalam mewujudkan model konseptual. Proses awal verifikasi yaitu dengan mengecek *input* data dan logika-logika yang digunakan dalam pembangunan model agar tidak terjadi kesalahan pembangunan logika pada *process* dan *routing*.

Selanjutnya untuk verifikasi pada *software* promodel apabila terdapat kesalahan yang tidak sesuai dengan logika dari pemrograman komputer akan muncul tampilan seperti gambar 8 ketika simulasi dijalankan atau di *run*



Gambar 8 Kesalahan *Process* dan *Routing*

Jika dalam menjalankan simulasi tidak keluar peringatan seperti Gambar 8 maka model yang dibuat telah sesuai dengan keinginan pembuat model.

#### 3.6.2.4. Penentuan Jumlah Replikasi

Untuk menjalankan simulasi diperlukan besar sampel untuk mengidentifikasi hasil dari simulasi tersebut. Besar sampel ini diperoleh dengan menentukan  $n$  kali replikasi. Untuk mendapatkan nilai  $n$  kali replikasi menggunakan rumus sebagai berikut:

$$n' = \left[ \frac{(Z_{a/2}) x s}{half\ width} \right]^2 \qquad half\ width = \frac{(t_{n-1, a/2}) x s}{\sqrt{n}}$$

Dengan:

$n'$  = jumlah replikasi yang dibutuhkan

$n$  = jumlah replikasi yang digunakan

$s$  = standart deviasi

Untuk mendapatkan nilai  $n$  maka perlu dilakukan replikasi awal  $n_0$  yaitu sebanyak 10 kali replikasi. *Output* pasien farmasi dari 10 kali replikasi terdapat dalam Tabel 5 berikut:

Tabel 5 *Output* Pasien dari Tiap Replikasi

Jumlah Replikasi	<i>Output</i> Pasien
1	86
2	84
3	84
4	86
5	84
6	84
7	86
8	84
9	86
10	84
Rata-rata	84.8
Standar Deviasi (s)	1.032

Maka dapat dihitung nilai *half width*

Dengan  $n = 10$  (replikasi awal)

$n - 1 = 9$

$a = 0.05$

$t_{n-1, a/2} = t_{9, 0.025} = 2.26$

$$half\ width = \frac{(2.26 \times 1.032)}{\sqrt{10}}$$

$$half\ width = 0.737$$

maka jumlah replikasi dapat dihitung

$$n' = \left[ \frac{1.96 \times 1.032}{0.737} \right]^2$$

$$n' = 7.53 \approx 8 \text{ kali replikasi}$$

Jadi jumlah replikasi yang dibutuhkan adalah 8 kali replikasi. Selanjutnya model simulasi akan *dirun* sebanyak 8 kali replikasi

#### 3.6.2.5. Melakukan validasi model

Validasi model dilakukan untuk memastikan apakah model yang dibangun sudah memprsentasikan sistem nyata secara benar. Validasi yang dilakukan pada model adalah dengan membandingkan *output* pasien dari farmasi dari pukul 07:00



sampai pukul 12:00 pada sistem nyata dengan model simulasi. *Output* pasien pada sistem nyata farmasi sebanyak 54 pasien

Setelah model simulasi di *run* sampai 8 kali replikasi diperoleh hasil *output* pasien farmasi sebanyak 53 pasien. Jika dibandingkan dengan *output* pasien pada sistem nyata dengan *ouput* pasien pada model tidak berbeda signifikan dan hasilnya sudah sesuai dengan sistem nyatanya.

#### 3.6.2.6. Membuat alternatif-alternatif perbaikan

Waktu tunggu rata-rata pasien setelah 8 kali replikasi adalah 181.48 menit. Selanjutnya perbaikan akan ditujukan untuk mengurangi waktu tunggu pasien. Terdapat 3 alternatif perbaikan sebagai berikut:

Alternatif 1 adalah membatasi jumlah pasien pada bagian penyakit dalam dan bagian penyakit saraf. Jumlah pasien yaitu 48 pasien. Hal ini berdasarkan anjuran dari ikatan dokter Indonesia yang menyatakan bahwa waktu minimal pelayanan pasien adalah 15 menit. Dari 5 hari kerja terdapat satu hari dengan total waktu pelayanan dari 3 dokter sebanyak 12 jam maka waktu tersedia pada bagian saraf dan penyakit dalam adalah  $12 \times 60 = 720$  menit kemudian dibagi waktu pelayanan seharusnya 15 menit maka jumlah pembatasan pasien sebesar 48 pasien. Setelah dilakukan running model diketahui bahwa waktu tunggu rata-rata pasien adalah 133.4 menit dengan persentase pengurangan waktu tunggu sebesar 26.05%

Alternatif 2 adalah membatasi jumlah pasien pada bagian penyakit dalam dan bagian penyakit saraf dan pada bagian farmasi melakukan proses verifikasi resep yang dilakukan oleh petugas penerima resep setelah terkumpul 4 resep. Jumlah pasien yaitu 48 pasien. Dari 5 hari kerja terdapat satu hari dengan total waktu pelayanan dari 3 dokter sebanyak 12 jam maka waktu tersedia pada bagian saraf dan penyakit dalam adalah  $12 \times 60 = 720$  menit kemudian dibagi waktu pelayanan seharusnya 15 menit maka jumlah pembatasan pasien sebesar 48 pasien. Serta proses verifikasi resep pada bagian farmasi yang sebelumnya dilakukan jika sudah terkumpul 5 resep dalam alternatif skenario 2 ini proses verifikasi dilakukan jika sudah terkumpul 4 resep. Setelah dilakukan running model diketahui bahwa waktu tunggu rata-rata pasien adalah 125.535 menit dengan persentase pengurangan waktu tunggu sebesar 30.61%

Alternatif 3 adalah membatasi jumlah pasien pada bagian penyakit dalam dan bagian penyakit saraf dan pada bagian farmasi melakukan proses verifikasi resep yang dilakukan oleh petugas penerima resep setelah terkumpul 6 resep. Jumlah pasien yaitu 48 pasien. Dari 5 hari kerja terdapat satu hari dengan total waktu pelayanan dari 3 dokter sebanyak 12 jam maka waktu tersedia pada bagian saraf dan penyakit dalam adalah  $12 \times 60 = 720$  menit kemudian dibagi waktu pelayanan seharusnya 15 menit maka jumlah pembatasan pasien sebesar 48 pasien. Serta proses verifikasi resep pada bagian farmasi yang sebelumnya dilakukan jika sudah terkumpul 6 resep dalam alternatif skenario 3 ini proses verifikasi dilakukan jika sudah terkumpul 6 resep. Setelah dilakukan running model diketahui bahwa waktu tunggu rata-rata pasien adalah 143.7 menit dengan persentase pengurangan waktu tunggu sebesar 20.36%

#### 3.6.2.7. Pemilihan alternatif perbaikan terbaik

Untuk rekomendasi perbaikan dipilih berdasarkan skenario persentase pengurangan waktu tunggu terbesar. Tabel 6 merupakan persentase perubahan waktu tunggu pada setiap alternatif.



Tabel 6 Perubahan Waktu Tunggu Tiap Alternatif

Alternatif	Rata-Rata Waktu Tunggu (menit)	Persentase
1	133.40	26.05%
2	125.53	30.61%
3	143.70	20.36%

Berdasarkan Tabel 6 diketahui bahwa alternatif 2 memberikan persentase pengurangan waktu tunggu terbesar dengan persentase pengurangan 30.61% dan perubahan rata-rata waktu tunggu dari 186.255 menit menjadi 125.53 menit, ada pengurangan waktu tunggu sebesar 55.94 menit. Maka rekomendasi perbaikan adalah membatasi jumlah pasien pada bagian penyakit dalam dan bagian penyakit saraf sebesar 48 pasien serta pada bagian farmasi melakukan proses verifikasi resep yang dilakukan oleh petugas penerima resep setelah terkumpul 4 resep.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Hasil identifikasi dan *brainstorming* dengan pihak rumah sakit didapatkan *waste* yang terjadi dalam proses pelayanan pasien BPJS rawat jalan antara lain: *Waiting* pada bagian pendaftaran, bagian *penyakit* saraf, bagian penyakit dalam serta bagian farmasi. *Defect/correction* pada bagian pendaftaran. *Transportation* dan *Over Processing* pada bagian penyakit dalam.

*Waste* kritis yang terjadi pada pelayanan pasien BPJS rawat jalan adalah *waste waiting* yang terjadi pada semua bagian. Berdasarkan hasil RPN pada FMEA yang tertinggi sebesar 392 terjadi pada bagian penyakit saraf, penyakit dalam dan juga pada proses pemberian obat dibagian farmasi maka perbaikan diprioritaskan pada bagian tersebut. Pada bagian penyakit saraf dan penyakit dalam perbaikan yang direkomendasikan adalah pembatasan jumlah pasien perhari sebanyak 48 pasien. Sedangkan pada bagian farmasi perbaikan dilakukan dengan melakukan proses verifikasi resep yang dilakukan oleh petugas penerima resep setelah terkumpul 4 resep. Rekomendasi perbaikan tersebut dapat mengurangi waktu tunggu pasien sebesar 30.61%.

Untuk penelitian selanjutnya dapat menganalisa *lean healthcare* hingga ke sistem BPJSnya tidak hanya sistem di Rumah Sakit.

#### Daftar Pustaka

- Eric, W, D., Anguelov, Z., Vetterick, D., Eller, A and Singh, S., 2009, Application Of Lean Manufacturing Technique In The Emergency Department, *The Journal Emergency Medicine, Vol.37, No.2*
- Miller, R., and Chalapati, N., 2014, Utilizing Lean Tools To Improve Value And Reduce Outpatient Wait Times In An Indian Hospital, *Leadership in Health Service Vol. 28 No.1*, Emerald Group Publishing Limited
- Hines, P. and Taylor, D., 2000, Going Lean. Lean Interprise Research Centre, Cardiff Business School.
- Poksinska, B 2010, 'The current state of Lean implementation in health care: literature review'. *Quality Management in Health Care*, (19), 4, 319-329
- Womack et al., 1996, Lean Thinking: *Banish waste and create wealth in your corporation*, New York: Simon & Schuster.
- Womack et al., 2005, Going Lean in Healthcare, Cambridge: *Intitute for Healthcare Improvement*. 20 University Road



## **Pengembangan Sistem Informasi Manajemen *Dashboard* untuk *Monitoring* Kondisi Aset Berbasis *Web* (Studi Kasus di Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada)**

**Irfan Pratama Putera, IG.B. Budi Dharma**

Pascasarjana Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281  
E-mail: nafri7\_354@yahoo.com

### **Intisari**

*Departemen Teknik Mesin dan Industri Universitas Gadjah Mada (DTMI-UGM) memiliki banyak aset bergerak yang tersebar di berbagai lokasi dan tentunya harus dikelola dengan baik agar kondisinya tetap optimal. Pengelolaan aset menggunakan aplikasi resmi pemerintah Sistem Informasi Manajemen dan Akuntansi Barang Milik Negara (SIMAK-BMN) saat ini belum mampu mengikuti dinamika perubahan data yang cepat di lapangan. Teknik penyajian dan visualisasi data secara real time menjadi solusi untuk memantau perkembangan kondisi aset dengan mudah dan cepat, sehingga berujung kepada pengambilan keputusan yang efektif. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menguji usabilitas teknologi pendukung SIMAK-BMN yang dapat memberikan kemudahan dalam mengelola (membuat database internal), memantau perkembangan, melaporkan online (real time) dan menyajikan informasi dalam bentuk dashboard yang ringkas, sederhana dan mudah dipahami. Sistem yang dikembangkan berbasis web, dirancang dengan metode System Development Life Cycle (SDLC) Waterfall dan diuji usabilitas dengan metode System Usability Scale (SUS). Penelitian ini telah berhasil menghasilkan produk bernama Sistem Informasi Manajemen Dashboard untuk Monitoring Kondisi Aset Berbasis Web yang memenuhi semua kriteria tujuan penelitian. Hasil pengujian usabilitas sistem dengan metode SUS memperoleh nilai akhir 72.5 dengan grade C, predikat Good dan Acceptable sehingga sistem dinilai cukup layak untuk dipertimbangkan dan diterapkan di lingkungan internal DTMI - UGM.*

*Kata Kunci: aset, dashboard, sistem informasi manajemen, system usability scale, waterfall*

### **1. Pendahuluan**

Departemen Teknik Industri dan Mesin (DTMI) sebagai salah satu bagian dari instansi pendidikan Universitas Gajah Mada, saat ini memiliki berbagai macam aset bergerak yang jumlahnya tidak sedikit dan tentunya harus dikelola dan dipantau dengan baik agar kondisinya tetap terjaga dan optimal. Pengelolaan aset saat ini dilakukan dengan menggunakan aplikasi resmi pemerintah berbasis *desktop* SIMAK-BMN (Sistem Informasi Manajemen dan Akuntansi Barang Milik Negara) yang dikelola dan terintegrasi dengan *database* pusat secara *online*. Aplikasi ini memiliki fungsi yang lengkap menyebabkan beragamnya jenis data dan informasi yang dihasilkan. Data dan informasi aset yang dimiliki DTMI telah terekam cukup banyak, namun pada aplikasi tersebut belum menerapkan sistem informasi *dashboard* untuk memantau perkembangan data secara cepat, sehingga berimbas kepada pengambilan keputusan.

Perkembangan data yang ditampilkan pada *dashboard* harus diimbangi dengan dinamika perubahan kondisi aktual yang ada di lapangan. Hingga saat ini, data aset yang tercatat pada SIMAK-BMN tidak sesuai dengan kondisi yang ada di lapangan. Salah satu faktor dari lambatnya *updating* data adalah proses pelaporan kondisi aset bermasalah yang masih dilakukan secara manual dan belum memanfaatkan teknologi informasi. Melihat banyaknya aset yang tersebar



diberbagai lokasi, tentunya akan menyulitkan pihak yang bertanggung-jawab dalam mengelola aset khususnya dalam memantau perkembangan kondisi aset.

Sistem Informasi Manajemen *Dashboard* menjadi salah satu solusi dalam teknik penyajian dan visualisasi data yang dapat menampilkan informasi penting dengan lebih cepat, ringkas dan lebih mudah dipahami. Few (2006) menjelaskan bahwa penggunaan istilah informasi *dashboard* adalah tampilan visual dari informasi penting yang diperlukan untuk mencapai satu atau beberapa tujuan dengan mengkonsolidasikan dan mengatur informasi dalam satu layar sehingga kinerja atau *progress* dapat dipantau secara cepat. Desain *dashboard* yang baik dan sesuai dengan kebutuhan akan membantu mempermudah pengguna dalam mengidentifikasi pola atau kondisi pada data tersebut, sehingga pada akhirnya dapat mempermudah dalam pengambilan keputusan yang efektif (*Decision Support System*).

Melihat permasalahan yang ada di DTMI UGM seperti demikian, maka peneliti menilai perlu adanya teknologi pendukung aplikasi SIMAK-BMN yang mampu untuk mengelola data informasi aset secara internal dengan menyajikannya dalam bentuk desain yang baik, bersifat visual, ringkas, mudah dipahami dan sederhana. Teknologi yang dikembangkan merupakan sistem informasi *dashboard* berbasis *web* yang berorientasi pada perekaman aset secara internal (*database* aset), pemantauan (*monitoring*) serta pelaporan *online* secara *real time* terhadap kondisi aset di lapangan. Dengan desain yang sederhana dan tampilan muka yang *user friendly*, sistem informasi pendukung yang dikelola secara internal ini diharapkan mampu memberikan kemudahan dalam pemantauan dan pelaporan kondisi aset di lapangan mendekati kondisi aktual dan menyajikan dalam bentuk *dashboard* sebagai sistem pendukung pengambilan keputusan.

Menurut Novriando, et al. (2012), keberhasilan sebuah sistem tidak hanya ditentukan oleh bagaimana sistem dapat memproses masukan dan menghasilkan informasi dengan baik dan sesuai dengan kebutuhan, tetapi juga bagaimana pengguna mau menerima dan menggunakannya, sehingga mampu mencapai tujuan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan tidak sebatas mengembangkan sistem informasi pendukung saja, namun juga peneliti akan melakukan uji kualitas *software* dari sisi tingkat usabilitasnya. Uji usabilitas diperlukan agar ketika sistem diterapkan, pengguna tidak merasa kesulitan dalam mengakses, mengelola dan mengoperasikan fungsi untuk memperoleh informasi yang dibutuhkan.

Menurut Nielsen (1993), usabilitas merupakan atribut kualitas untuk mengukur seberapa mudah suatu produk (*software*) ataupun tampilan (*interface*) digunakan. Salah satu komponen yang dapat diukur untuk menguji usabilitas sistem informasi adalah tingkat kepuasan terhadap suatu produk yang dirasakan oleh pengguna sesuai dengan kebutuhan baik dari segi pengoperasian, tampilan dan aspek lainnya. Alat yang dapat digunakan untuk mengukur tingkat kepuasan (*satisfaction*) pengguna adalah kuisioner terstandar yang mengacu pada *System Usability Scale* (Brooke, 1996).

## 2. Metode Pengembangan

Penelitian terkait pengembangan sistem manajemen *dashboard* dalam kurun waktu kini telah banyak dilakukan dan berkembang dengan berbagai inovasi baru dalam penerapannya. Penelitian dilakukan karena banyaknya tuntutan kebutuhan yang muncul diberbagai aspek kehidupan, mulai dari bidang kajian ilmu dan pengetahuan dan teknologi, pemerintahan hingga ke ranah bisnis (komersil) dan industri. Pada instansi pendidikan misalnya, penelitian yang dilakukan oleh Wijayanto (2011) mencoba untuk mengembangkan sistem *dashboard* untuk monitoring dan evaluasi kinerja dosen dalam melaksanakan tri dharma perguruan tinggi. Penelitian lain dibidang bisnis dilakukan oleh Anggoro (2012) yaitu melakukan pengembangan sistem *dashboard* sebagai pendukung keputusan dalam penjualan tiket pesawat.

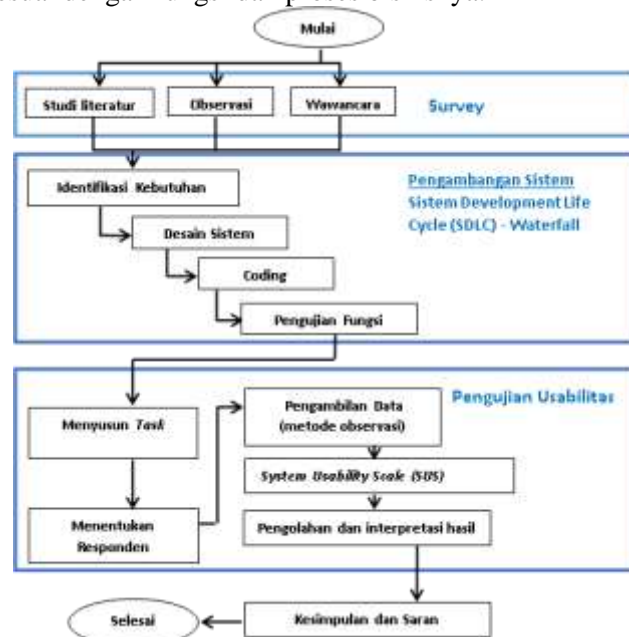
Saat ini metodologi yang paling banyak dipakai oleh penelitian dalam pengembangan perangkat lunak di dunia *Software Engineering* adalah metodologi yang berorientasi keluaran (*output*) yaitu SDLC *waterfall*. *System Development Life Cycle* (SDLC) merupakan sebuah siklus hidup pengembangan perangkat lunak yang terdiri dari beberapa tahapan-tahapan penting dalam



membangun dan mengembangkan perangkat lunak. Menurut Pressman (2010), model *waterfall* atau dikenal dengan *Linear Sequential Model* adalah model klasik yang bersifat sistematis, berurutan dalam membangun perangkat lunak. Kelebihan model *waterfall* adalah proses menjadi teratur, estimasi proses menjadi lebih baik dan jadwal lebih menentu. Sedangkan kekurangannya adalah sifatnya kaku, sehingga susah melakukan perubahan di tengah proses oleh karena itu dibutuhkan spesifikasi kebutuhan perangkat lunak atau *specification requirement software* (SRS) yang lengkap dan terperinci pada tahap awal pengembangan. Alasan demikianlah yang menjadi pertimbangan peneliti untuk menggunakan metode SDLC *Waterfall*.

Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1. Penelitian diawali dengan melakukan *survey* yang mencakup studi literatur, observasi dan wawancara. Kemudian tahap selanjutnya adalah pengembangan sistem meliputi :

1. Identifikasi kebutuhan (SRS) yang lengkap dan terperinci pada tahap awal berdasarkan hasil *survey*.
2. Desain sistem dilakukan dengan *Unified Modeling Language* (UML) yang terdiri dari *use case diagram*, *context diagram*, *data flow diagram* (DFD), *entity relationship diagram* (ERD) dan *structure diagram*. Desain sistem dilakukan untuk mendefinisikan desain fungsi dan arsitektur sistem secara global dan rinci dari perangkat lunak yang akan dikembangkan.
3. *Coding* dilakukan untuk menerjemahkan konsep desain yang telah dibuat ke dalam bahasa yang di mengerti mesin atau komputer. Proses pembuatan program dipecah menjadi modul-modul fungsi yang nanti akan digabung menjadi satu sistem yang harmonis.
4. *Testing* fungsi sistem untuk memastikan bahwa modul-modul fungsi berjalan dan berinteraksi sesuai dengan fungsi dan proses bisnisnya.



Gambar 1 Tahapan Penelitian

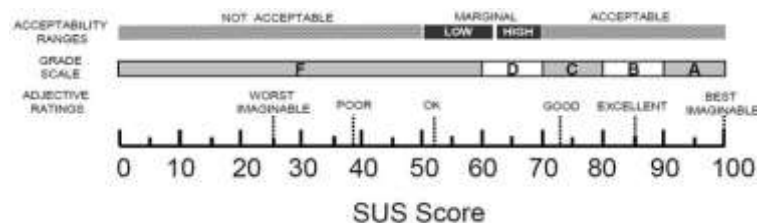
Pada tahap uji usabilitas, sistem akan dinilai menggunakan metode *System Usability Scale* (Brooke, 1996). Beberapa karakteristik dari SUS adalah sederhana dengan sepuluh pertanyaan, tidak memerlukan banyak responden dan pengeluaran pada saat pengujian, perhitungan *score* kuisisioner mudah, kuisisioner bersifat global yaitu dapat mengukur usabilitas *interface* yang beragam dan hasil cukup *powerfull* dalam menggambarkan kualitas suatu produk sebelum diimplementasikan. Penilaian kuisisioner SUS mempunyai range nilai 0-100. Perhitungan disetiap pertanyaan nomor ganjil yaitu 1,3,5,7 dan 9 merupakan nilai pada *score contribution*, kemudian



dikurangi satu. Sedangkan perhitungan nomor genap yaitu 2,4,6,8 dan 10 dihitung dengan lima, kemudian dikurangi nilai pada *score contribution*. Hasil tersebut kemudian dijumlah dan dikalikan dengan 2,5 untuk mendapatkan nilai akhir (SUS).

Pengujian SUS terdiri dari beberapa tahapan yang meliputi :

1. Menyusun serangkaian *task* sebagai sarana interaksi pengguna dengan sistem dalam pengukuran usability.
2. Penentuan jumlah dan syarat responden. Jumlah responden adalah lima (5) orang sesuai dengan teori Nielsen (1993) yang mengatakan bahwa untuk menguji usability cukup tidak lebih dari lima (5) pengguna untuk mendapatkan 85% masalah secara rata-rata dari sistem. Sedangkan syarat untuk menjadi responden adalah orang yang memiliki wewenang dan tanggungjawab secara langsung (kepala aset, pengurus barang, teknisi atau staff, kerumahtanggaan) dan secara tidak langsung (mahasiswa, asisten lab atau laboran).
3. Pengambilan data melalui metode observasi dengan sedikit dipandu.
4. Responden diminta melakukan penilaian dengan mengisi kuisioner SUS.
5. Hasil pengolahan dan interpretasi dari uji usability sesuai dengan aturan metode SUS, kemudian dilakukan *mapping score* terhadap grafik penilaian SUS (Sorflaten, 2010) pada Gambar 2.



Gambar 2 SUS Score (Sorflaten, 2010)

### 3. Hasil dan Pembahasan

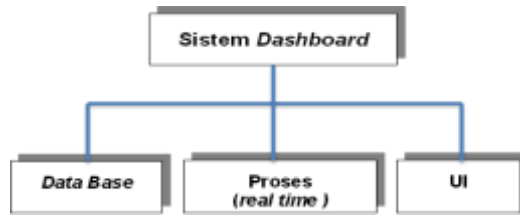
Berdasarkan latar belakang bahwa tujuan penelitian ini adalah untuk mengembangkan dan menguji usability teknologi pendukung aplikasi SIMAK-BMN berupa sistem informasi *dashboard* berbasis *web* untuk monitoring kondisi aset di lingkungan internal DTMI-UGM.

Identifikasi kebutuhan sistem menghasilkan tiga (3) komponen yang diperlukan sebagai pondasi utama dalam membangun sistem *dashboard*. Komponen pertama adalah *database*. *Database* internal dirancang dengan tujuan untuk mempermudah departemen dalam melakukan inventarisasi dan mengelola aset di lingkungan internalnya, sehingga tidak harus terikat dengan pusat dan proses *updating* data diharapkan dapat lebih cepat mengikuti dinamika perubahan kondisi aset mendekati aktual.

Komponen kedua yang akan dikembangkan untuk mendukung *dashboard* adalah fungsi pelaporan *online* yang bersifat *real time*. Proses secara *real time* ini melibatkan *otomatisasi push email notification* ketika ada data baru masuk sehingga pihak yang bertanggungjawab akan segera mengetahui dan mem-*followup* dengan cepat terhadap data dan informasi yang masuk. Dengan demikian data yang ditampilkan pada *dashboard* akan selalu ter-*update* mengikuti dinamika perubahan kondisi aset di lapangan.

Komponen utama ketiga dari sistem *dashboard* adalah tampilan muka. Tampilan muka atau *user interface* dari sebuah sistem secara umum akan menentukan kualitas dari produk yang akan dikembangkan. Tampilan *dashboard* yang dikembangkan pada sistem ini dirancang dengan sederhana, bersifat visual dengan menggunakan warna-*icon* dan menampilkan informasi mengenai kondisi aset dalam satu halaman secara ringkas, sehingga pengguna dapat melihat progress perkembangan data aset dengan cepat dan mudah. Sesuai dengan sistem yang dibangun untuk memantau perkembangan kondisi aset, ada delapan (8) informasi penting yang ditampilkan pada *dashboard*, yaitu : jumlah total aset, aset baru atau belum terdistribusi, aset beroperasi, aset

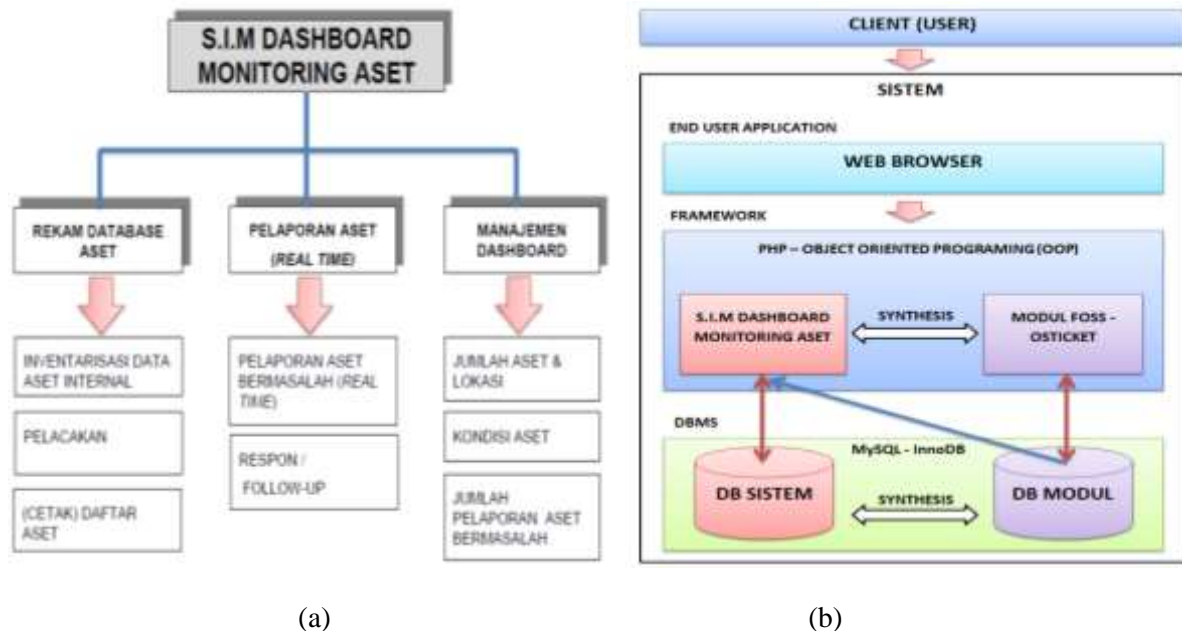
bermasalah, aset dalam perbaikan, aset dalam penghentian penggunaan, jumlah lokasi dan jumlah laporan aset bermasalah.



Gambar 3 Komponen Utama Sistem Dashboard

S.I.M Dashboard Monitoring Aset merupakan sistem informasi berbasis *web* yang dikembangkan menggunakan *database management system* (DBMS) MySQL dan bahasa pemrograman PHP yang bersifat *multiplatform* yaitu dapat beroperasi diberbagai sistem operasi (Linux, Mac OS, Window) dan dapat diakses baik secara intranet maupun internet dengan menggunakan aplikasi *web browser*. Arsitektur sistem ini seperti yang terlihat pada Gambar 4(a), dibangun dengan berbasis *object oriented programming* (OOP) menggunakan *script* dan *modul* yang bersifat *opensource* dibawah lisensi GNU publik. Sistem yang dibangun terdiri dari 250 lebih objek modul yang di-*compile* menjadi sistem utama dan beberapa modul pendukung termasuk modul aplikasi FOSS Osticket yang dipadukan dengan sistem utama. Modul aplikasi FOSS Osticket ini berfungsi sebagai sistem yang menjalankan pelaporan *online* dengan *push email notification* secara *real time*. Database sistem dan modul dirancang secara terpisah namun tetap terintegrasi dengan sistem dashboard.

Sesuai dengan Gambar 4(b), S.I.M Dashboard Monitoring Aset memiliki tiga (3) fungsi utama berdasarkan komponennya masing-masing. Seperti pada sebelumnya telah didefinisikan tiga (3) komponen penting untuk menyusun sistem dashboard yaitu database aset, proses dan UI. Fungsi pada database adalah merekam data aset itu sendiri yang di dalamnya terdapat subfungsi seperti inventarisasi data (menambah, menghapus, modifikasi, mutasi, update dan lain-lain), melakukan pelacakan data dan cetak daftar data yang dipilih.

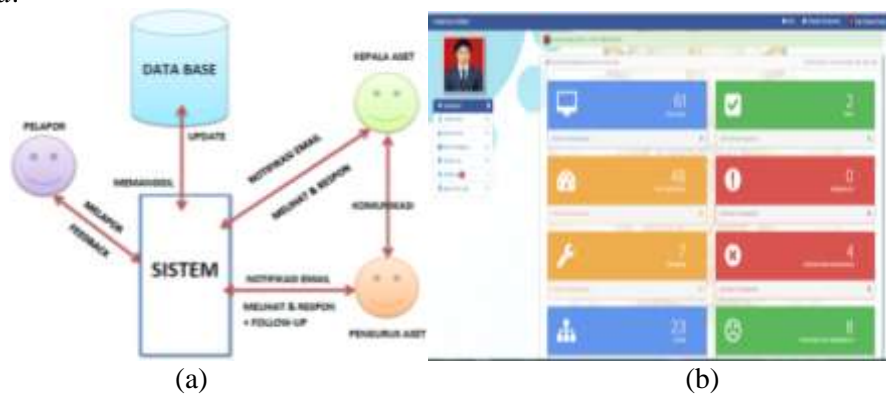


Gambar 4 (a) Arsitektur dan (b) Desain Fungsi Sistem

Pelaporan *online* secara *real time* seperti yang terlihat pada Gambar 5(a), menjadi pemicu (*trigger*) proses yang sangat penting bagi sistem dashboard, karena proses inilah yang menjadi

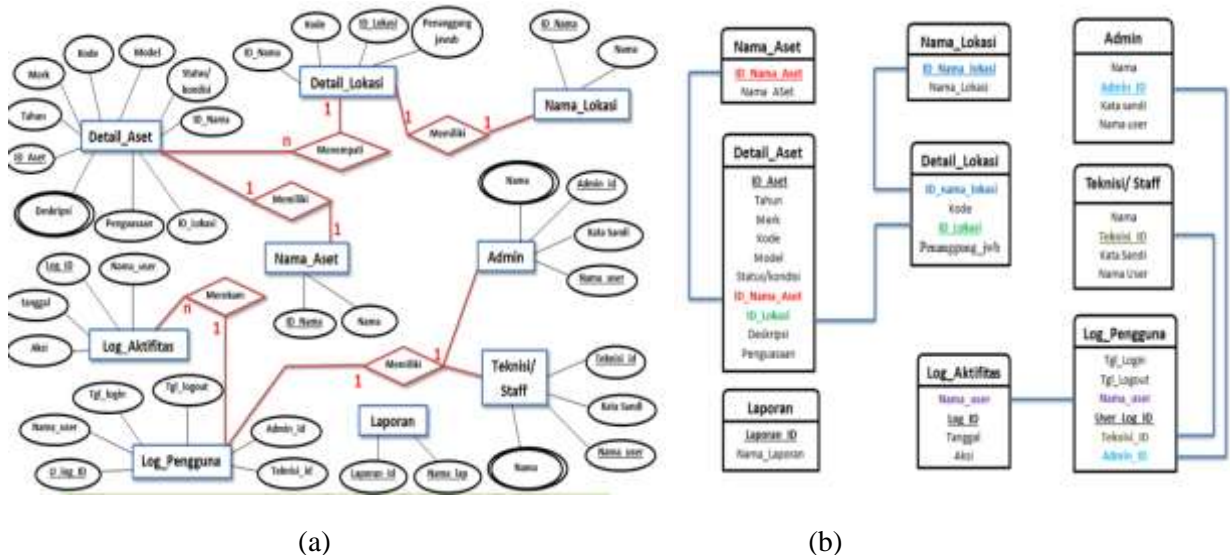
input awal dari dinamika perubahan (*updating*) data yang ditampilkan pada *dashboard*. Pelaporan aset bermasalah bisa dilakukan oleh siapa saja tanpa harus menjadi bagian dari pengguna sistem. Sistem akan menerima laporan, data masuk ke dalam *database* dan akan ditampilkan pada *dashboard* sistem. Pada saat bersamaan, sistem secara otomatis akan memberikan notifikasi melalui *email* kepada admin sebagai penanggung-jawab pengelola aset.

Fungsi dari *dashboard* adalah untuk menampilkan dan menyajikan informasi yang penting sesuai dengan kebutuhan dengan ringkas, sederhana dan mudah dipahami. Tampilan *dashboard* seperti yang terlihat pada Gambar 5(b), dirancang dengan sederhana, bersifat visual dengan menggunakan warna-*icon* dan menampilkan informasi mengenai kondisi aset dalam satu halaman secara ringkas, sehingga pengguna dapat melihat progress perkembangan data aset dengan cepat dan mudah. Perubahan data aset dan lokasi yang bersifat penting akan terekam pada sistem *dashboard*.



Gambar 5 (a) Skema Pelaporan Online dan (b) Sistem Dashboard

Seperti yang terlihat pada Gambar 6, *database* pada sistem dirancang dengan menggunakan sembilan (9) tabel atau entitas yang saling berelasi satu dengan lainnya. *Database* ini membentuk tabel yang akan selalu digunakan untuk menyimpan berbagai informasi yang digunakan dan juga dalam pengolahan data. Konsep desain database berfokus pada data aset, lokasi dan pelaporan.

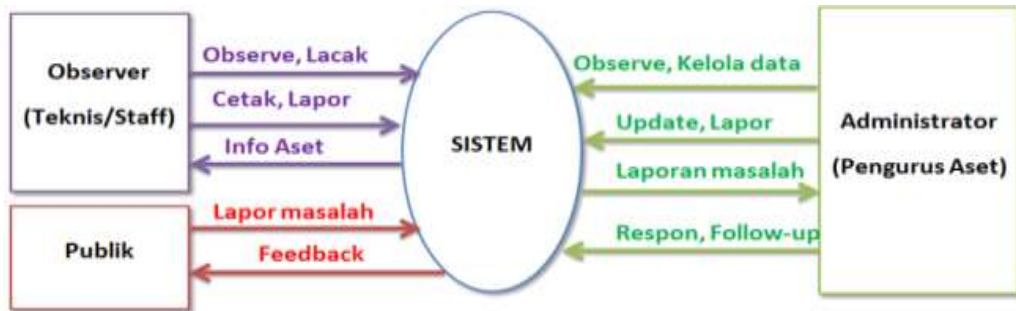


Gambar 6 (a) Entity Relationship Diagram (ERD) dan (b) Class Diagram

Interaksi proses dan aliran informasi dalam sistem dimodelkan dalam *data flow diagram* (DFD). DFD level 0 atau disebut dengan konteks diagram pada Gambar 7, menggambarkan

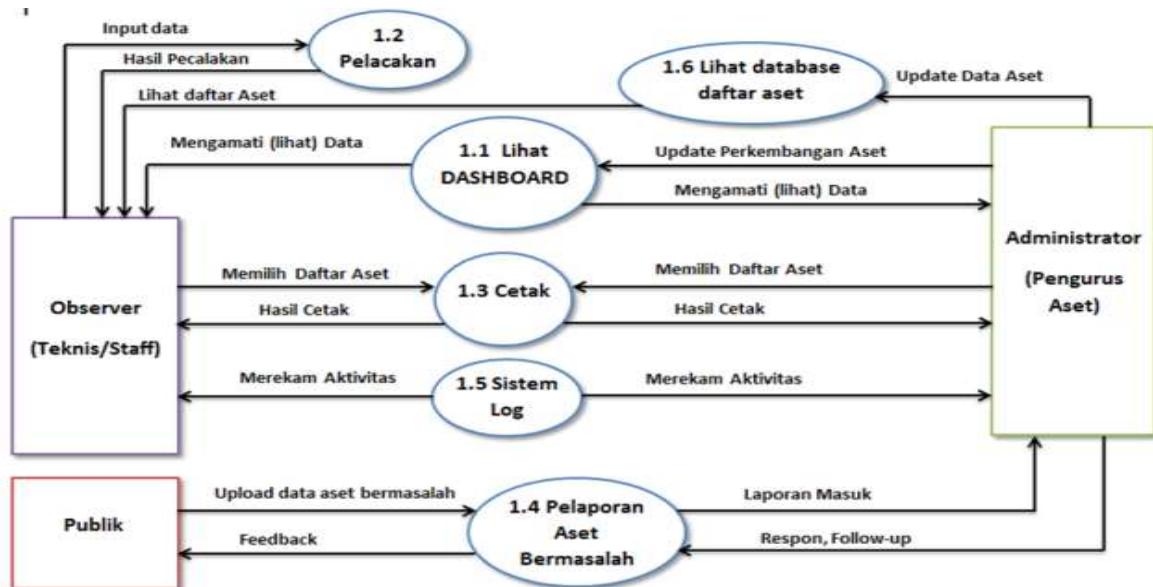


sistem secara garis besar. Konteks diagram menggambarkan hubungan masukan dan keluaran antara sistem dengan entitas diluar sistem meliputi admin, teknisi atau staff , publik secara umum, dalam hal ini adalah pelapor.



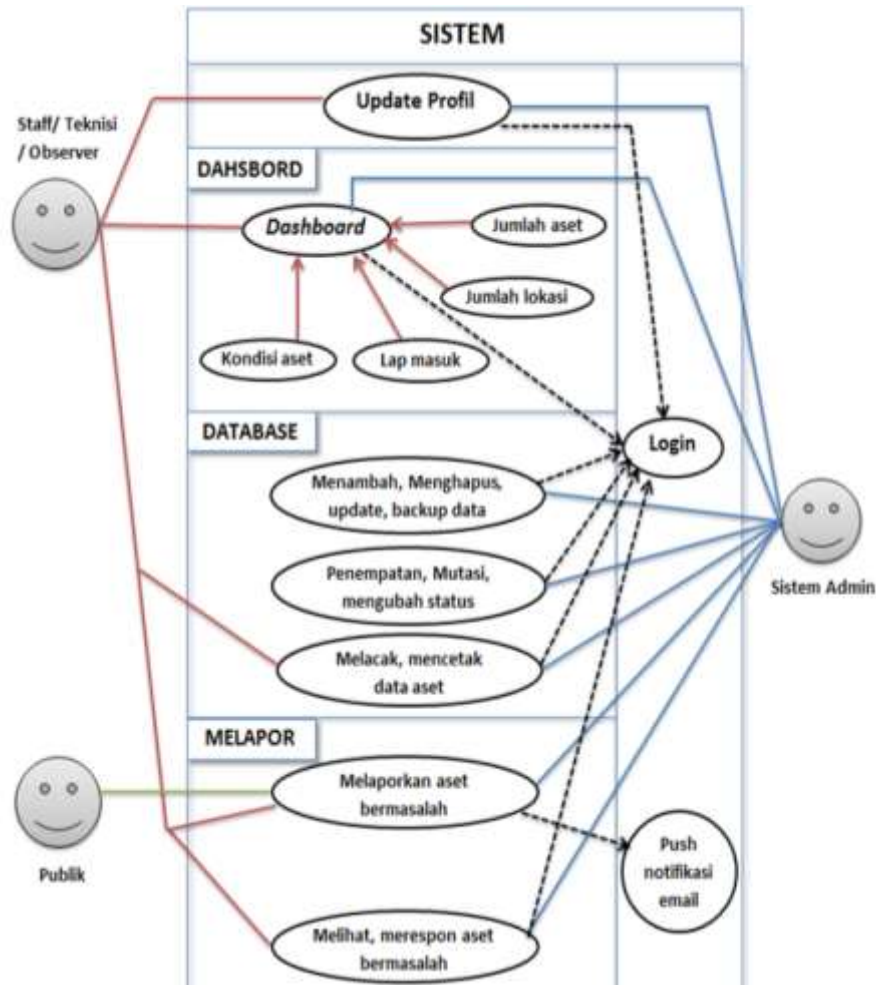
Gambar 7 Konteks Diagram Sistem (DFD 0)

Pada konteks diagram, apabila dilakukan pemilahan (*decomposition*) akan diperoleh sebuah DFD level 1 yang akan terpecah menjadi enam (6) proses seperti yang terlihat pada Gambar 8.



Gambar 8 DFD Level 1

Use case diagram S.I.M Dashboard Monitoring Kondisi Aset yang dipetakan pada Gambar 9, melibatkan dari tiga (3) aktor, yaitu dua (2) aktor utama dan satu (1) aktor eksternal (publik). Aktor utama yaitu admin yang berperan sebagai pengelola dan teknisi atau staf berperan sebagai pengamat (*observer*). Sedangkan aktor eksternal adalah pelapor aset bermasalah tanpa harus login atau menjadi bagian (*member*) dari sistem. Pihak admin memiliki hak akses penuh (*full control*) terhadap sistem. Admin dapat menambah, menghapus, *update*, cetak dan modifikasi *database* yang ada pada sistem, sementara pengguna (staf atau teknisi) hanya dapat melihat, melacak, mencetak dan mengamati perkembangan kondisi data pada sistem. Namun keduanya tetap dapat melaporkan kondisi aset seperti halnya pengguna publik.



Gambar 9 Use Case Diagram

Pada tahap uji usabilitas, pengambilan data responden dilakukan mulai tanggal 29 Juni 2016. Responden diminta untuk melakukan sejumlah *task* yang sudah ditentukan oleh peneliti. Serangkaian *task* tersebut adalah tugas yang harus dilakukan oleh responden untuk menjalankan fungsi-fungsi utama sistem. Kemudian responden diminta untuk menilai dengan mengisi 10 pertanyaan (SUS) hingga diperoleh nilai akhir yang dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai akhir yang diperoleh kemudian dilakukan pemetaan terhadap SUS *score* pada Tabel 2.

Tabel 1 Hasil Uji Usabilitas Metode SUS

No	Jabatan Responden	Nilai	X 2.5	Nilai Akhir
1	Kepala SDM, Aset & TI	28	X 2.5	70
2	Pengurus Aset	31	X 2.5	77,5
3	Teknisi - Server	26	X 2.5	65
4	Kerumahtangaan	28	X 2.5	70
5	Mahasiswa S2	32	X 2.5	80
<b>TOTAL NILAI RATA-RATA SUS</b>				<b>72,5</b>





Tabel 2 SUS Score (Bangor dkk, 2009)

Rentang Nilai SUS	Grade	Rata-rata Nilai SUS	Predikat	Hasil
90 - 100	A	92	<i>Best Imaginable</i>	<i>Acceptable</i>
80 - 89	B	85	<i>Excellent</i>	<i>Acceptable</i>
70 - 79	C	72	<i>Good</i>	<i>Acceptable</i>
62 - 69	D	68	<i>Ok</i>	<i>Acceptable</i>
0 - 59	F	52	<i>poor</i>	<i>Not Acceptable</i>
		38	<i>Awful</i>	<i>Not Acceptable</i>
		25	<i>Worst Imaginabl</i>	<i>Not Acceptable</i>

Nilai akhir dari uji usability dengan metode SUS pada perangkat lunak S.I.M *Dashboard* Monitoring Kondisi Aset adalah sebesar **72,5** dengan memperoleh grade **C**, predikat **Good** dan **Acceptable**. Program S.I.M *Dashboard* Monitoring Kondisi Aset berbasis web cukup layak untuk dipertimbangkan.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Telah dikembangkan sebuah perangkat lunak teknologi pendukung aplikasi SIMAK-BMN yaitu Sistem Informasi Manajemen *Dashboard* untuk Monitoring Kondisi Aset Berbasis Web.
2. Fungsi-fungsi sistem telah berjalan dan mampu untuk melakukan perekaman dan pengelolaan data aset (membuat *database*) secara internal.
3. Telah berhasil mengembangkan fungsi pelaporan *online* secara *real time* (*push email notification*) dengan menggunakan modul aplikasi *free opensource software* (FOSS) yang terintegrasi untuk mendukung pencatatan pada *dashboard* dalam mengikuti perkembangan dinamika kondisi aset yang mendekati aktual di lapangan.
4. Telah berhasil menyajikan dan menampilkan data dan informasi dalam bentuk *dashboard* yang ringkas, mudah dipahami, sederhana dan terintegrasi.
5. Pengujian usability pada sistem dengan metode SUS memperoleh nilai akhir **72,5** dengan grade **C**, predikat **Good** dan **Acceptable** sehingga sistem dinilai cukup layak untuk dipertimbangkan.

Adapun saran untuk penelitian ini adalah :

1. Masih ada peluang yang dapat dikembangkan pada sistem ini seperti penambahan fitur-fitur, tampilan dan perbaikan terhadap *bug*.
2. Pengujian usability dengan metode yang lebih spesifik.

#### Daftar Pustaka

- Anggoro, B.A, 2014, *Skripsi : Dashboard Information System Sebagai Pendukung Keputusan dalam Penjualan Tiket Pesawat*, Universitas Brawijaya, Malang.
- Bangor, A., Kortum, P., dan Miller, J., 2009, Determining What Individual SUS Scores Mean : Adding an Adjective Rating Scale, *Journal of Usability Studies*. pp 114-123.
- Brooke, J., 1996, 'SUS: Retrospective', *Journal of Usability Studies*, pp 29-40.
- Elmasri, R., 2003, *Fundamentals Of Database Systems Fourth Edition*, Pearson Addison Wesley, Boston.
- Few, S., 2006, *Information Dashboard Design*, O'Reilly, USA.
- Nielsen, J., 1993, *Usability Engineering*, Academic Press, San Diego.
- Novriando, H., Nugroho, L.,E., dan Setiawan, N., A., 2012, Analisis Implementasi Paperless Office (PLO) di Lingkungan Universitas Gajah Mada Yogyakarta (Studi Kasus di Tiga



- Fakultas), *Jurnal Nasional Teknik Elektro dan Teknologi Informasi (JNTETI)*, Vol 1 No 2.
- Pressman, R.S, 2010, *A Practitioner`s Approach*, R.D. Pressman and Associates.
- Sorflaten, J., 2010, Clean Metrics from Quick dan Dirty Aseement: “The SUS”, akses 27 Juni, 2016, URL: [www.humanfactors.com/newsletters/clean\\_metrics\\_from\\_quick\\_and\\_dirty\\_assessment.asp](http://www.humanfactors.com/newsletters/clean_metrics_from_quick_and_dirty_assessment.asp).
- Wijayanto, Y., A., 2011, *Skripsi : Perancangan Dashboard Sebagai Sistem Informasi Monitoring Kinerja Universitas Sebelas Maret Surakarta*, Universitas Sebelas Maret, Surakarta.



## Analisis Pendekatan Alokasi Distribusi Sistem Dorong Pada *Corporate Chain Store* Lokal

**Luthfina Ariyani, Andi Sudiarso, Bimo Sunarfri Hantono**

Program Studi Teknik Industri dan Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik,  
Universitas Gadjah Mada  
Jl. Grafika No. 2 UGM, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274)513665  
E-mail: luthfina.ariyani@gmail.com

### Intisari

*Pengelolaan persediaan pada lini retail merupakan salah satu aspek penting untuk diperhatikan agar perusahaan retail dapat memenuhi kebutuhan konsumen dengan tetap meminimalkan biaya. Permasalahan yang dihadapi perusahaan retail, salah satunya perusahaan retail bertipe corporate chain store, adalah dalam hal penentuan kebutuhan produk dari tiap cabang swalayan (POS) dan distribution center (DC). Setiap POS melakukan pengelolaan persediaan secara independen, dimana masing-masing POS menentukan sendiri terkait kapan dan berapa jumlah kebutuhan terhadap suatu produk dan mengirimkan informasi kebutuhan tersebut kepada DC untuk selanjutnya dilakukan replenishment oleh DC. Sementara itu, baik POS maupun DC masih melakukan penentuan kebutuhan terhadap produk berdasarkan expert judgement. Penentuan kebutuhan yang dilakukan berdasarkan expert judgement ini dapat meningkatkan risiko terjadinya overstock atau shortage pada masing-masing POS. Disamping itu, penentuan kebutuhan produk pada tiap POS yang masih dikelola secara independen dapat meningkatkan risiko terjadinya bullwhip effect. Lebih jauh, hal ini dapat berdampak pada tingginya biaya persediaan yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Penelitian ini mengajukan pengelolaan persediaan terintegrasi dengan pendekatan alokasi distribusi sistem dorong untuk mendukung proses pengelolaan persediaan pada perusahaan retail bertipe corporate chain store. Melalui pendekatan alokasi distribusi sistem dorong, pengelolaan persediaan untuk tiap POS menjadi tanggung jawab DC dan tidak lagi dilakukan oleh masing-masing POS secara independen, POS cukup melakukan sharing informasi terkait data penjualan kepada DC dan selanjutnya DC akan melakukan penentuan kebutuhan produk pada setiap POS berdasarkan data penjualan tersebut. Pendekatan alokasi distribusi sistem dorong yang diajukan menghasilkan biaya persediaan sebesar Rp 9.210.220,52 dimana biaya ini 43,9% lebih rendah dibandingkan dengan biaya persediaan aktual.*

**Kata Kunci:** *Pengelolaan Persediaan, Alokasi Distribusi Sistem Dorong, Corporate Chain Store*

### 1. Pendahuluan

Manajemen *supply chain* adalah seperangkat kegiatan yang ditujukan untuk mengintegrasikan seluruh pihak yang terlibat dalam proses penyediaan produk atau jasa yang tepat dalam jumlah yang tepat, dan pada waktu yang tepat kepada konsumen, dalam rangka meminimalkan biaya (Misra *et al.*, 2010). Salah satu yang memegang peranan penting dalam terwujudnya keberhasilan manajemen *supply chain* adalah lini *retail*, dimana menurut Sparks (2010) *retailer* saat ini harus tidak bersikap pasif dengan hanya menjadi penerima alokasi dari pihak manufaktur atau *supplier*, namun harus ikut aktif melakukan manajemen terhadap suplai sebagai antisipasi dan reaksi terhadap permintaan konsumen. Namun di sisi lain, *retailer* juga





harus berhati-hati dalam melakukan pemesanan mengingat jika terjadi kesalahan maka dapat berdampak pada keseluruhan sistem *supply chain* yang ada (Iannone *et al.*, 2013).

Hal itulah yang harus menjadi pertimbangan bagi *corporate chain store* lokal di Yogyakarta. Ditengah persaingan dengan munculnya berbagai perusahaan *retail* sejenis berskala nasional di Kota Yogyakarta, maka setiap *corporate chain store* lokal harus cerdas agar dapat bersaing dengan swalayan-swalayan lainnya. Selain itu, *corporate chain store* lokal juga harus mampu membaca keinginan konsumen dan melakukan pemesanan yang tepat kepada supplier agar dapat menjamin ketersediaan produk bagi konsumen.

Pada praktiknya, *corporate chain store* lokal di Yogyakarta memiliki beberapa cabang swalayan/*point of sales* (POS) dan satu atau lebih gudang pusat distribusi/*distribution center* (DC), dimana kebutuhan terhadap produk di masing-masing POS ditentukan secara independen oleh masing-masing POS dengan berdasarkan *expert judgement* dan kemudian POS mengirimkan informasi kebutuhan tersebut dalam bentuk *purchase order* kepada DC untuk selanjutnya dilakukan proses *replenishment* oleh DC (Kristiana, 2014). Selain itu, pemesanan kepada distributor yang dilakukan oleh DC juga dilakukan berdasarkan *expert judgement*. Penentuan kebutuhan dengan cara tersebut dapat meningkatkan risiko terjadinya ketidakuratan dalam penentuan kebutuhan yang dapat berdampak pada terjadinya *overstock* atau *shortage* dari persediaan (Kristiana, 2014). Hal ini lebih jauh dapat berdampak pada tingginya biaya persediaan yang harus dikeluarkan oleh *corporate chain store* lokal tersebut.

Selain itu, penentuan kebutuhan yang dilakukan secara independen oleh masing-masing POS dapat mengakibatkan adanya ketidakmaksimalan dalam proses manajemen *supply chain*. Kamalapur *et al.* (2013) menyebutkan bahwa dalam sistem *supply chain* tradisional dimana proses pengelolaan persediaan dilakukan secara independen, *retailer* biasanya menentukan kebutuhan produk dengan level *safety stock* yang cukup tinggi untuk mengatasi fluktuasi permintaan. Sementara itu untuk menghadapi permintaan yang tinggi dari *retailer*, *supplier* akan menentukan level persediaan yang lebih tinggi lagi, dan semakin ke arah *upstream level supply chain* penentuan tersebut akan semakin jauh dari permintaan yang sebenarnya. Hal inilah yang biasanya disebut dengan distorsi permintaan atau *bullwhip effect* yang terjadi karena ketidakmampuan dalam melihat permintaan yang sebenarnya. Distorsi permintaan dapat berdampak pada banyak hal seperti ketidakakuratan dalam peramalan dan peningkatan total biaya pengelolaan persediaan (Kamalapur *et al.*, 2013). Sehingga perlu adanya perbaikan terhadap pengelolaan persediaan tersebut agar proses pengelolaan persediaan menjadi lebih optimal.

*Alokasi distribusi sistem dorong* merupakan salah satu pendekatan dalam pengelolaan persediaan yang dapat mendukung proses pengambilan keputusan terkait proses *replenishment* pada *retailer*, dimana keputusan tersebut ditentukan langsung oleh *supplier* (atau *vendor*) berdasarkan informasi data penjualan dari *retailer*. Melalui alokasi distribusi sistem dorong, *vendor* bertanggung jawab terhadap penentuan waktu dan jumlah kebutuhan *replenishment* pada *retailer*, sedangkan *retailer* bertanggung jawab untuk memberikan informasi kepada *vendor* mengenai penjualan dan persediaan (Kristiana, 2014)..

Berdasarkan pemaparan latar belakang di atas, maka penelitian ini dilakukan untuk melakukan analisis terhadap penerapan pendekatan *alokasi distribusi sistem dorong* pada *corporate chain store* lokal untuk mendukung *corporate chain store* lokal dalam melakukan pengambilan keputusan terkait dengan pengelolaan persediaan.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada salah satu *corporate chain store* lokal di Yogyakarta yang memiliki satu *distribution center* (DC) dan tujuh *point of sales* (POS). Selain itu, sehubungan dengan analisis data, sepuluh produk dipilih sebagai sampel yang ditampilkan dalam tabel 1. Dalam rangka mendukung pelaksanaan pengelolaan persediaan terintegrasi dengan alokasi distribusi sistem dorong di perusahaan, terdapat beberapa tahapan yang harus dilakukan sebagai berikut.



### 2.1. Peramalan Permintaan

Perhitungan ini dilakukan untuk meramalkan permintaan produk untuk periode yang akan datang. Permintaan untuk setiap produk akan diramalkan secara agregat oleh DC dengan data historis total permintaan pada seluruh POS berdasarkan metode peramalan *time series*. Metode peramalan *time series* yang digunakan untuk memprediksikan permintaan mungkin berbeda dari satu produk dengan produk lainnya, sesuai dengan nilai kesalahan peramalan terendah. Metode peramalan *time series* yang dipertimbangkan dalam penelitian ini meliputi metode *Naïve* (Stevenson, 2004), *Simple Average* (Hanke and Wichern, 2005), *Moving Average* (Hanke and Wichern, 2005), *Exponential Smoothing* (Hanke and Wichern, 2005), *Holt's Exponential Smoothing* (Hanke and Wichern, 2005), dan *Winters' Exponential Smoothing* (Hanke and Wichern, 2005). Lebih jauh, perhitungan kesalahan peramalan yang digunakan untuk mengevaluasi metode peramalan yang digunakan adalah *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) dengan persamaan sebagai berikut:

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{|y_t - \hat{y}_t|}{y_t} \quad (1)$$

Dimana  $y_t$  merupakan nilai aktual,  $\hat{y}_t$  merupakan nilai peramalan, dan  $n$  merupakan jumlah data.

### 2.2. Persentase Kontribusi Penjualan

Selanjutnya DC melakukan perhitungan nilai kontribusi penjualan untuk setiap produk pada setiap POS berdasarkan data historis penjualan dari masing-masing POS. Nilai persentase kontribusi penjualan didapat dari perhitungan data historis rata-rata penjualan per produk di tiap POS dibagi dengan total rata-rata penjualan per produk seluruh POS (Kristiana, 2014).

$$\text{Kontribusi Penjualan} = \frac{\text{Rata-Rata Penjualan Per Cabang}}{\text{Rata-Rata Total Penjualan Seluruh Cabang}} \quad (2)$$

### 2.3. Total Alokasi Distribusi Bulanan

Perhitungan alokasi distribusi bulanan dilakukan oleh DC dengan tujuan untuk mendukung pengambilan keputusan dalam menentukan jumlah setiap produk yang harus didistribusikan ke masing-masing POS untuk periode yang akan datang. Nilai alokasi distribusi dengan pendekatan sistem dorong dihitung dengan mengalikan nilai peramalan agregat produk dengan nilai persentase kontribusi penjualan untuk masing-masing POS.

$$\text{Alokasi Distribusi} = \text{Peramalan Agregat} \times \text{Kontribusi Penjualan} \quad (3)$$

### 2.4. Alokasi Distribusi Per Pengiriman

Total kuantitas produk selama satu bulan tidak dikirimkan secara sekaligus kepada masing-masing POS, melainkan dikirimkan secara bertahap dengan membagi nilai total alokasi per bulan dengan frekuensi pengiriman masing-masing produk. Terdapat dua jenis frekuensi pengiriman produk yang akan dibandingkan dalam penelitian ini. Pertama, frekuensi pengiriman produk yang digunakan mengacu pada penelitian Sa'ya (2015). Kedua, akan dilakukan pencarian nilai frekuensi pengiriman selain yang diajukan pada penelitian Sa'ya (2015) yang mungkin dapat menghasilkan biaya persediaan yang lebih rendah. Selanjutnya nilai alokasi distribusi per pengiriman dihitung dengan berdasarkan Persamaan 4 berikut.

$$\text{Alokasi Distribusi Per Pengiriman} = \frac{\text{Alokasi Distribusi}}{\text{Frekuensi Pengiriman Per Periode}} \quad (4)$$

### 2.5. Alokasi Pemesanan DC ke Distributor

Perhitungan kuantitas pesanan digunakan untuk mendukung DC dalam menentukan kuantitas pesanan untuk distributor. Kuantitas pesanan dihitung berdasarkan metode *economic*



order quantity (EOQ). Sementara itu, untuk mendukung DC memutuskan kapan pemesanan kepada distributor dilakukan digunakan perhitungan *reorder point* (ROP) dan *Safety Stock* (SS). Persamaan berikut menunjukkan persamaan untuk mencari nilai EOQ, ROP, dan SS dari setiap produk pada DC.

$$Q^* = \sqrt{\frac{2DS}{H}} \quad (5)$$

$$ROP = \bar{d} \times LT + z \sqrt{LT} \sigma_d \quad (6)$$

$$SS = ROP - \bar{d} \times LT \quad (7)$$

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Analisis Data

Tabel 1 berikut menunjukkan metode peramalan yang terpilih serta hasil peramalan untuk bulan Juni 2015 untuk 10 produk yang diteliti. Pada penelitian ini dilakukan peramalan per bulan untuk bulan Juni hingga Agustus 2015.

Tabel 1. Peramalan Permintaan Bulan Juni 2015

Produk	Metode Peramalan	Parameter				MAPE	Hasil Peramalan (unit)
		k	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$		
Prenagen Mommy Coklat 200 gr	Winter's Additive Exponential Smoothing		0,888	0,001	0,333	0,128	105
Poci Teh Celup Lemon 25's	Winter's Additive Exponential Smoothing		0,2	0,199	0,001	0,122	291
Fortune Minyak Grg Refill 1 lt	Holt's Exponential Smoothing		0,2	0,002		0,892	834
Sosro Teh Kotak 200 ml	Winter's Multiplicative Exponential Smoothing		0,899	0,356	0,458	0,049	476
Happytos Merah Kc 25 gr	Winter's Additive Exponential Smoothing		0,1	0,82	0,2	0,091	1672
Happytos Real Corn Chips 160 gr	Winter's Multiplicative Exponential Smoothing		0,09	0,434	0,325	0,091	1049
Cap Lang Minyak Kayu Putih 30 ml	Moving Average	5				0,045	561
Cap Lang Minyak Kayu Putih 60 ml	Moving Average	3				0,054	671
Maya Sarden Chili 155 gr	Moving Average	13				0,425	77
Indocafe Coffeemix 3 In 1 Sch 20 gr	Winter's Additive Exponential Smoothing		0,25	0,198	0,1	0,076	8362

Sementara itu, perhitungan alokasi distribusi juga dilakukan untuk bulan Juni hingga Agustus 2015. Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan alokasi distribusi bulanan untuk bulan Juni 2015 untuk tiap produk pada masing-masing POS. Sebagai contoh, pada tabel dapat diidentifikasi bahwa nilai alokasi distribusi untuk produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr pada POS PM1 adalah sebesar 27 unit. Hal ini berarti bahwa DC harus mengirimkan sebanyak 27 unit produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr kepada POS 1 selama bulan Juni 2015.

Total jumlah unit produk yang didistribusikan ke seluruh cabang bernilai sama dengan hasil peramalan yang telah dilakukan. Sebagai contoh total produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr



yang harus dikirimkan oleh DC kepada POS PM 1 adalah 27 unit, kepada POS PM2 adalah 8 unit, kepada POS PM 3 adalah 19 unit, kepada POS PM 4 adalah 10 unit, kepada POS PM 6 adalah 14 unit, kepada POS PM 7 adalah 16 unit, dan kepada POS PM 8 adalah 11 unit. Penjumlahan dari unit produk yang dikirimkan dari POS PM 1 hingga POS PM 8 adalah 105 unit, dimana nilai ini sama dengan nilai peramalan untuk produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr yaitu sebesar 105 unit.

Tabel 2. Alokasi Distribusi Bulan Juni 2015

Produk	Alokasi Distribusi Juni 2015 (Unit)						
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM6	PM7	PM8
Prenagen Mommy Coklat 200 gr	27	8	19	10	14	16	11
Poci Teh Celup Lemon 25'S	94	20	44	23	38	43	29
Fortune Refill 1000 ml	160	59	171	62	132	164	86
Sosro Teh Kotak 200 ml	164	66	29	25	93	38	61
Happy Tos Merah Kecil 25 gr	372	145	164	115	197	444	235
Happy Tos Real Corn Chip 160 gr	345	106	136	97	97	125	143
Caplang MKP 30 ml	88	76	63	98	81	108	47
Caplang MKP 60 ml	120	83	88	81	108	134	57
Maya Sardines Chili 155 gr	37	4	6	4	6	6	14
Indocafe Coffemix 20 gr Sc	2518	765	1433	748	1383	1499	16

Selanjutnya produk tidak dikirimkan ke setiap POS sejumlah hasil alokasi distribusi bulanan secara langsung melainkan dilakukan secara bertahap berdasarkan frekuensi pengiriman yang telah diajukan oleh Sa'ya (2015), dimana ketentuan frekuensi pengiriman tersebut ditunjukkan pada Tabel 3. Sehingga, hasil perhitungan alokasi produk kemudian dibagi dengan jumlah frekuensi pengiriman untuk mendapatkan jumlah unit produk untuk setiap pengiriman. Sebagai contoh, produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr memiliki nilai alokasi distribusi ke POS 1 sebesar 27 unit untuk bulan Juni 2015 dan frekuensi pengiriman ke POS 1 adalah 15 kali dalam sebulan, sehingga produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr dikirimkan setiap dua hari sekali ke POS 1 dengan jumlah 2 unit setiap kali pengiriman.

Tabel 3. Frekuensi Pengiriman Produk dari DC ke setiap POS (Sa'ya, 2015)

POS	Frekuensi Pengiriman Optimal
POS 1	Lima Belas Kali Setiap Bulan
POS 2	Lima Belas Kali Setiap Bulan
POS 3	Setiap Hari Setiap Bulan
POS 4	Setiap Hari Setiap Bulan
POS 6	Setiap Hari Setiap Bulan
POS 7	Setiap Hari Setiap Bulan
POS 8	Setiap Hari Setiap Bulan

Selain itu, juga dilakukan pencarian terhadap frekuensi pengiriman optimal selain dari frekuensi yang diajukan pada penelitian Sa'ya (2015) dan didapatkan frekuensi pengiriman seperti pada Tabel 4 berikut.



Tabel 4. Hasil Pencarian Frekuensi Pengiriman Optimal Produk Per Bulan dari DC ke setiap POS (Kali/Bulan)

Produk	POS1	POS2	POS3	POS4	POS6	POS7	POS8
Prenagen Mommy Coklat 200 gr	3	2	2	2	2	2	2
Poci Teh Celup Lemon 25's	2	2	2	2	2	2	2
Fortune Minyak Grg Refill 1 lt	2	2	2	2	2	2	2
Sosro Teh Kotak 200 ml	2	2	2	2	2	2	2
Happytos Merah Kc 25 gr	2	2	2	2	2	2	2
Happytos Real Corn Chips 160 gr	5	3	3	3	3	3	3
Cap Lang Minyak Kayu Putih 30 ml	2	2	2	2	2	2	2
Cap Lang Minyak Kayu Putih 60 ml	3	3	2	2	3	3	2
Maya Sarden Chili 155 gr	2	2	2	2	2	2	2
Indocafe Coffeemix 3 In 1 Sch 20 gr	4	2	3	2	3	3	2

Frekuensi pengiriman Optimal yang diajukan sedikit berbeda pada frekuensi pengiriman yang diajukan pada penelitian Sa'ya (2015). Pada penelitian Sa'ya (2015), frekuensi pengiriman bernilai sama untuk seluruh produk yang dikirimkan kepada POS yang sama, namun pada frekuensi pengiriman optimal, frekuensi pengiriman antar produk dapat berbeda walaupun dikirimkan kepada POS yang sama. Selain itu dari nilai frekuensi pengiriman yang diajukan pun berbeda, dimana frekuensi pengiriman yang diajukan pada Sa'ya (2015) cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan frekuensi pengiriman optimal. Perbedaan nilai frekuensi ini nantinya akan dapat berpengaruh terhadap hasil perhitungan biaya persediaan.

Selanjutnya Tabel 5 menunjukkan hasil perhitungan kuantitas pemesanan tiap produk pada DC untuk bulan Juni 2015. Sebagai contoh, produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr memiliki nilai EOQ sebesar 11 unit dan ROP senilai 18 unit. Hal ini berarti bahwa ketika posisi persediaan produk Prenagen Mommy Coklat 200 gr pada DC tersisa 18 units, maka DC harus melakukan pemesanan kepada Distributor sebanyak 11 unit produk Prenagen Mommy Coklat 200. Selanjutnya perhitungan kuantitas pemesanan juga dilakukan untuk bulan Juli dan Agustus 2015.

Tabel 5. Alokasi Pemesanan DC Bulan Juni 2015

Produk	EOQ (unit)	ROP (unit)	SS (unit)
Prenagen Mommy Coklat 200 gr	11	18	12
Poci Teh Celup Lemon 25'S	48	36	17
Fortune Refill 1000 ml	40	84	29
Sosro Teh Kotak 200 ml	98	62	31
Happy Tos Merah Kecil 25 gr	189	177	66
Happy Tos Real Corn Chip 160 gr	66	127	58
Caplang MKP 30 ml	51	60	23
Caplang MKP 60 ml	40	74	30
Maya Sardines Chili 155 gr	24	15	10
Indocafe Coffemix 20 gr Sc	564	964	407

Lebih jauh, juga dilakukan perhitungan terhadap biaya persediaan selama bulan Juni hingga Agustus 2015 untuk aloksi distribusi sistem dorong dengan frekuensi pengiriman mengacu pada penelitian Sa'ya (2015) seperti yang ditampilkan pada Tabel 6 dan alokasi distribusi sistem dorong dengan hasil pencarian frekuensi pengiriman optimal seperti yang ditampilkan pada Tabel 7.



Tabel 1. Biaya Persediaan dengan Frekuensi Pengiriman Mengacu pada Penelitian Sa'ya (2015)

Total Biaya Pesan	Total Biaya Simpan	Total Biaya Kekurangan Persediaan	Total Biaya Transportasi	Total Biaya Persediaan
7.004.659,48	3.966.285,06	1.524.648,65	1.409.918,60	13.905.511,79

Tabel 7. Biaya Persediaan dengan Frekuensi Pengiriman Optimal

Total Biaya Pesan	Total Biaya Simpan	Total Biaya Kekurangan Persediaan	Total Biaya Transportasi	Total Biaya Persediaan
1.162.257,24	6.639.690,57	1.281.426,88	126.845,82	9.210.220,52

Berdasarkan perhitungan biaya persediaan pada Tabel 6 dan Tabel 7, dapat diidentifikasi bahwa alokasi distribusi dengan frekuensi pengiriman pada Sa'ya (2015) menghasilkan total biaya pemesanan dan biaya transportasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan alokasi distribusi dengan frekuensi pengiriman optimal. Hal ini dikarenakan pada penelitian Sa'ya (2015) diajukan frekuensi pengiriman yang cukup tinggi setiap bulannya sehingga biaya pemesanan dan transportasi mengalami peningkatan. Disisi lain, alokasi distribusi dengan frekuensi pengiriman optimal mengajukan frekuensi pengiriman yang lebih rendah sehingga biaya pemesanan dan biaya transportasi menjadi lebih rendah. Namun pada sisi lain, oleh karen frekuensi pengiriman yang diajukan lebih rendah, maka produk yang dikirimkan per pengiriman pada alokasi distribusi dengan frekuensi pengiriman optimal cenderung memiliki *lot size* pengiriman yang lebih tinggi ke setiap POS, sehingga mengalami peningkatan pada sisi total biaya simpan. Sementara itu, pada sisi total biaya kekurangan persediaan, alokasi distribusi dengan frekuensi pengiriman optimal menghasilkan biaya yang lebih rendah dibandingkan dengan alokasi distribusi dengan frekuensi pengiriman pada penelitian Sa'ya (2015). Oleh karena secara total biaya persediaan alokasi distribusi dengan frekuensi pengiriman optimal menghasilkan total biaya yang lebih rendah, maka metode inilah yang diajukan untuk dapat diterapkan pada *corporate chain store* lokal.

Lebih jauh, jika dilakukan perhitungan terhadap kondisi aktual perusahaan selama bulan Juni hingga Agustus 2015, didapatkan hasil perhitungan sebesar Rp 16.418.188,37 seperti yang ditampilkan pada Tabel 8. Hal ini berarti bahwa pendekatan alokasi distribusi sistem dorong menghasilkan biaya persediaan 43,90% lebih rendah dibandingkan dengan biaya aktual yang saat ini dikeluarkan perusahaan, dimana biaya terbesar pada kondisi aktual merupakan biaya simpan.

Tabel 8. Biaya Persediaan Aktual

Total Biaya Pesan	Total Biaya Simpan	Total Biaya Kekurangan Persediaan	Total Biaya Transportasi	Total Biaya persediaan
816.338,17	15.494.719,95	-	107.130,25	16.418.188,37

#### 4. Kesimpulan

Penelitian ini mengajukan pendekatan alokasi distribusi sistem dorong untuk *corporate chain store* lokal yang mendukung DC untuk melakukan pengelolaan persediaan pada masing-masing POS. Melalui pendekatan alokasi distribusi sistem dorong, setiap POS tidak perlu melakukan pemesanan produk kepada DC secara independen, melainkan berkewajiban untuk melakukan sharing informasi data penjualan kepada DC. Selanjutnya data penjualan ini digunakan oleh DC untuk menganalisis kebutuhan *replenishment* untuk setiap produk pada masing-masing POS. Selain itu, proses penentuan kebutuhan produk tidak lagi ditentukan berdasarkan *expert judgement*. Lebih jauh, metode alokasi distribusi sistem dorong dengan frekuensi pengiriman optimal yang diajukan dapat melakukan minimasi biaya persediaan sebesar



43,90% dibandingkan dengan biaya persediaan aktual yang harus dikeluarkan oleh perusahaan. Pengelolaan persediaan dengan menggunakan metode lainnya dapat dipertimbangkan agar biaya persediaan dan kekurangan persediaan dapat lebih diturunkan.

#### **Daftar Pustaka**

- Hanke, J.E. and Wichern, D.W., 2005, Business Forecasting, 8th Edition, Pearson Prentice Hall, New Jersey.
- Iannone, R., Ingenito, A., Martino, G., Miranda, S., Pepe, C., and Riemma, S., 2013, Merchandise and Replenishment Planning Optimisation for Fashion Retail, *International Journal of Engineering Business Management*, **5**, 1-14.
- Kamalapur, R., David, L., and Haoushyar, A., 2013, Benefits of CPFR and VMI Collaboration Strategies: A Simulation Study, *Journal of Operations and Supply Chain Management*, **6**(2), 59-73.
- Kristiana, S.P.D., 2014, Optimasi Alokasi Distribusi Produk dan Jumlah Pesanan dengan Pendekatan Logika Kabur pada Gudang Pusat Chain Store Lokal, Tesis, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Misra, V., Khan, M.I., Singh, U.K., 2010, Supply Chain Management Systems: Architecture, Design, and Vision, *Journal of Strategic Innovation and Sustainability*, **6**(4), 102-108.
- Sa'ya, A. 2015, Penentuan Frekuensi Pengiriman Produk untuk Meminimalkan Biaya Persediaan pada Chain Cabang Lokal, Skripsi, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sparks, L., 2010, Supply Chain Management and Retailing, *Supply Chain Forum: An International Journal*, **11**(4), 4-12.
- Stevenson, J. W., 2004, Operations Management, McGraw-Hill Irwin, New York.



## Perencanaan Produksi Agregat Berdasarkan Peramalan Permintaan dengan Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan pada IKM X

Intan Rosmala Sari, Andi Sudiarmo

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
E-mail: intan.rosmalasari@gmail.com

### Intisari

Perencanaan produksi yang baik perlu dilakukan, dengan tujuan untuk menentukan tingkat produksi sehingga mampu mengefisienkan penggunaan sumber daya dan memaksimalkan profit. Hal ini berkaitan erat dengan pemenuhan permintaan dan juga pengaturan jumlah persediaan yang ada oleh perusahaan. Sebagai salah satu alternatif dalam menentukan perencanaan produksi adalah dengan melakukan peramalan (*forecasting*) permintaan. Pada penelitian ini diusulkan suatu model perencanaan baru dengan mengembangkan model peramalan Jaringan Syaraf Tiruan *Backpropagation* dengan mengambil studi kasus di Industri Kecil Menengah (IKM) X. Pengembangan model dilakukan dengan mengubah arsitektur jaringan dengan metode *Taguchi*. Arsitektur terbaik yang didapatkan yaitu [7 13 3 1] [*Logsig Purelin*] untuk A, [7 6 4 1] [*Logsig*] [*Logsig*] untuk B, [5 2 1] [*Logsig Tansig*] untuk C, dan [4 15 4 1] [*Tansig Tansig*] untuk D. Pengukuran kinerja jaringan dilihat dari nilai *Mean Percentage Error (MAPE)*, dimana didapatkan hasil *MAPE* untuk masing-masing family product A, B, C dan D sebesar 27,27%, 13,27%, 8,52%, dan 8,57%.

*Kata Kunci:* perencanaan agregat, jaringan syaraf tiruan, *backpropagation*, metode *taguchi*

### 1. Pendahuluan

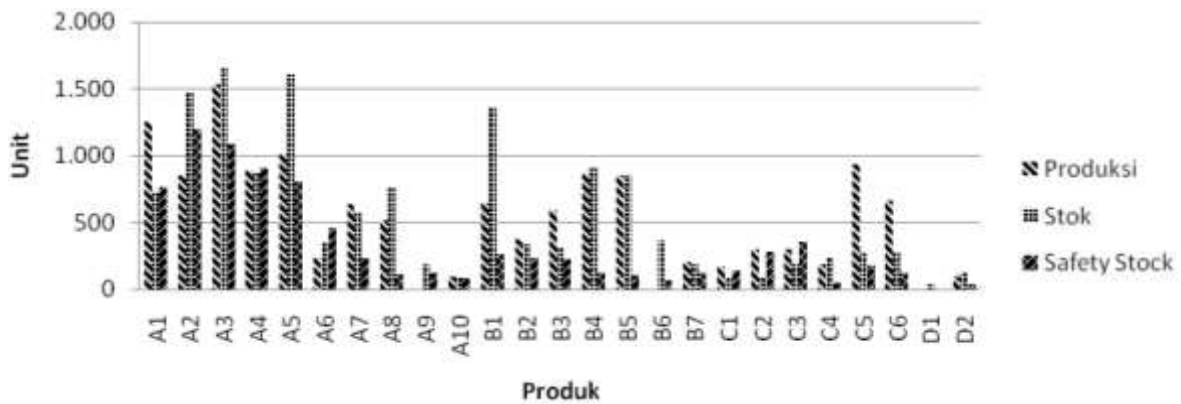
Perencanaan produksi bertujuan untuk menyediakan produk jadi yang cukup dalam periode tertentu untuk memenuhi tujuan perencanaan penjualan, sesuai dengan batasan kapasitas dan anggaran produksi (Forgaty, 1991). Oleh karena itu, suatu perencanaan produksi yang dilakukan tidak optimal dapat menyebabkan terjadinya permasalahan stok seperti *stockout* maupun *overstock*. Kondisi yang tersebutlah yang terjadi pada Industri Kecil Menengah (IKM) X, dimana tampak pada Gambar 1.1 tampak stok dari beberapa produk mengalami *overstock*, dan beberapa produk lain hampir mengalami *stockout*. Saat ini, metode perencanaan produksi IKM X masih dilakukan secara intuitif (*managerial judgment*) dengan dua cara. Pertama, perencanaan produksi dilakukan pertahun berdasar jumlah penjualan tahun lalu ditambah kenaikan 7%. Kedua, perencanaan produksi didasarkan pada ketersediaan stok dalam gudang, dimana jenis produk dan jumlah yang akan diproduksi baru akan diputuskan sehari sebelum produksi dilakukan. Keadaan yang demikian berimbas pada jumlah stok yang tidak stabil dan tingginya produk *WIP* di IKM X, dan mengindikasikan jika proses perencanaan produksi yang dilakukan perusahaan belum efektif. Langkah pertama dalam perencanaan produksi yaitu melakukan perencanaan agregat yang kemudian akan digunakan untuk peramalan (*forecasting*) permintaan. Dengan melakukan peramalan permintaan, perencanaan produksi menjadi terencana dengan baik sehingga jumlah produk yang diproduksi dapat disesuaikan dengan permintaan dan dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya yang ada (Markridakis dkk, 1992).

Salah satu alternatif metode peramalan yaitu Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Telah banyak penelitian yang menggunakan JST sebagai metode peramalan. Tidak seperti *time series*, JST mampu belajar data baru secara bertahap, sehingga data tidak harus diestimasi lagi secara periodik (Widrow dan Sterns dalam Hill dkk, 1996). Disamping itu, JST tidak membutuhkan *expertise* untuk menentukan bentuk fungsional hubungan variabel bebas dan terikat (Iman dan Conover dalam Hill dkk, 1996). Penelitian ini bertujuan untuk membangun suatu perencanaan agregat





produksi dengan pengembangan model JST sebagai metode peramalan permintaan dari produk dari IKM X sehingga mampu menghasilkan pengaturan stok yang jauh lebih baik dari kondisi awal.



Gambar 1 Stok Bulan November 2015

## 2. Metodologi

Penelitian ini bertujuan membangun perencanaan agregat berdasarkan peramalan permintaan dari 25 produk yang diproduksi oleh IKM X dengan menggunakan pendekatan jaringan syaraf tiruan. Data yang dibutuhkan pada penelitian ini diperoleh berdasarkan data penjualan mulai dari Juli 2011 hingga November 2015. Berikut ini adalah tahapan dari proses penelitian yang akan dilakukan.

1. Mengagregatkan produk menjadi empat *family product*, yaitu A, B, C, dan D dengan mengalikan data historis penjualan dengan harga jual setiap produk untuk kemudian diramalkan secara agregat.
2. Melakukan Uji korelasi *Pearsons* dan regresi data agregat untuk masing-masing *family product* dengan faktor eksternal yang mempengaruhi peramalan diantaranya yaitu inflasi, IHK, BI Rate, uang beredar, harga minyak mentah, PDB, pengeluaran pemerintah, kurs, UMR, biaya promosi, dan harga penjualan produk (Isnaini, 2016). Semakin mendekati nilai 1 nilai *pearson correlation*, maka semakin berpengaruh faktor tersebut terhadap penjualan. Faktor-faktor yang memiliki nilai *pearson correlation* selanjutnya akan dilakukan uji regresi.
3. Pada uji regresi, variabel Y dengan faktor yang diusulkan akan diuji untuk melihat hubungan secara linear antar faktor tersebut. Faktor penjualan pada (Y-t) juga akan dipertimbangkan untuk melihat kemungkinan peramalan gabungan (kausal dan timeseries). Seberapa signifikan pengaruh faktor-faktor terhadap masing-masing penjualan *family product* dilihat berdasarkan nilai *Adjusted R Squared*, yang kemudian dilakukan pengujian terhadap sifat-sifat heteroskedastisitas, autokorelasi, dan multikolinearitas. Setelah diketahui bahwa tidak terdapat sifat heteroskedastisitas, autokorelasi, dan multikolinearitas, kemudian ditentukan *best subset* dari faktor tersebut.
4. Faktor-faktor yang didapatkan berdasarkan uji regresi kemudian dijadikan input dalam peramalan Jaringan Syaraf Tiruan (JST). Penentuan arsitektur JST dilakukan dengan menggunakan metode *design of experiment* (DoE), yaitu Taguchi Method. Variabel yang dioptimasi diantaranya adalah jumlah *neuron hidden layer*, fungsi aktivasi *hidden layer*, dan *learning rate*.
5. Data peramalan kemudian dilakukan normalisasi dengan *range* [0,01 0,99] yang kemudian dibagi menjadi dua bagian untuk *training set* sebanyak 80% dan 20% *test set*. Normalisasi ditunjukkan pada persamaan 2.1 berikut, dimana  $x$  merupakan nilai yang akan dinormalisasi,  $minValue$  dan  $maxValue$  merupakan nilai terkecil dan terbesar normalisasi,

yaitu 0,01 dan 0,99, sedangkan *minRange* dan *maxRange* merupakan nilai terkecil dan nilai terbesar dari nilai yang akan dinormalisasi.

$$\text{Normalisasi} = \frac{(x - \text{minValue})(\text{maxRange} - \text{minRange})}{(\text{maxValue} - \text{minValue})} + \text{minRange} \quad (1)$$

6. Melakukan peramalan menggunakan jaringan syaraf tiruan. Berikut ini adalah langkah-langkah yang digunakan:
  - a. Penentuan jumlah neuron input untuk masing-masing *family product* dengan menggunakan *k-fold cross validation* dengan nilai  $k=6$  sehingga didapatkan input optimum untuk masing-masing *family product*.
  - b. Penentuan parameter pelatihan. Parameter pelatihan ini digunakan untuk menentukan kapan pelatihan jaringan berhenti. Parameter ini menggunakan nilai *performance* dan nilai *gradient* serta jumlah *epoch* maksimum yang diijinkan
  - c. Pelatihan dan validasi jaringan. Pengujian data dilakukan berdasarkan parameter pelatihan serta arsitektur jaringan yang telah ditentukan. Validasi dilakukan dengan menguji jaringan dengan data Januari-November 2015. Kinerja jaringan dinilai berdasarkan nilai *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE). Persamaan 2.2 berikut menunjukkan perhitungan MAPE, dimana  $n$  adalah jumlah data,  $Y_t$  adalah data yang data aktual,  $\hat{Y}_t$  adalah data hasil peramalan.

$$\text{MAPE} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n \frac{(Y_t - \hat{Y}_t)}{Y_t} \quad (2)$$

7. Pada tahap selanjutnya, hasil dari penelitian ini akan dibandingkan dengan hasil dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya (Isnaini, 2016). Indikator pembandingan dari kedua metode ini dilihat dari nilai *mean absolute percentage error* (MAPE). Hasil peramalan kemudian akan dibandingkan dengan penjualan aktual setiap bulan di tahun 2015. Selisih antara jumlah penjualan aktual dengan peramalan kemudian akan dikalikan dengan biaya simpan apabila terjadi *overstock*, dan dikalikan *opportunity cost* apabila *stockout*. Kemudian berdasarkan analisis biaya, metode peramalan yang mengeluarkan kerugian biaya terendah ditetapkan sebagai metode peramalan terbaik.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1. Perencanaan Produksi

Perencanaan produksi dilakukan secara agregat dimana agregat dilakukan dengan mengalikan data penjualan di setiap periode pada setiap produk dengan harga jual dari masing-masing produk, yang kemudian dijumlahkan di masing-masing periode. Presentase dari setiap produk untuk proses disagregasi dicari dari jumlah seluruh harga unit per produk dibagi dengan jumlah seluruh harga unit seluruh produk. Data penjualan yang digunakan sebagai variabel peramalan diubah dalam bentuk agregat *family product*, yang dibagi menjadi A, B, C, dan D. Tabel 3.1 menunjukkan data hasil agregasi untuk setiap *family product*.

Data tersebut kemudian dinormalisasi dengan range [0,01 0,99] untuk kemudian dilakukan uji korelasi dan regresi terhadap faktor-faktor eksternal dan internal, yaitu inflasi, IHK, BI Rate, uang beredar, harga minyak mentah, PDB, pengeluaran pemerintah, kurs, UMR, biaya pembelian ingot, biaya promosi, dan harga penjualan produk (Isnaini, 2016).

Sebagai contoh pada Gambar 3.1 menunjukkan bahwa hanya faktor inflasi ( $P\text{values} < 0,05$ ) yang berkorelasi dengan penjualan *family product* B dilihat dari uji korelasi *Pearsons*. Sedangkan Gambar 3.2 menunjukkan bahwa regresi *family product* B dengan inflasi terdapat *unusual R* pada observasi 28 sehingga data ke-28 harus dihilangkan untuk dilakukan regresi ulang yang ditunjukkan pada Gambar 3.3. Kemudian dilakukan regresi pada data penjualan *family product* B



(Y), inflasi dan data  $Y_{t-n}$  untuk peramalan gabungan, yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Dari Gambar 3.4 didapatkan hasil jika terjadi *unusual R* pada observasi 14. Data observasi 14 kemudian dihilangkan untuk kemudian dilakukan regresi ulang. Pada regresi kedua setelah data observasi dihilangkan, *unusual R* tetap terjadi, sehingga data observasi harus ditambahkan. Namun karena adanya keterbatasan data, peramalan gabungan tidak dapat dilanjutkan karena masih mengandung *unusual R*, sehingga untuk *family product B*, hanya peramalan time series dan kausal saja yang dipertimbangkan.

Berdasarkan uji korelasi dan regresi yang dilakukan untuk seluruh *family product*, didapatkan kesimpulan jika tidak ada satupun *family product* yang memenuhi syarat untuk peramalan gabungan.

Tabel 1. Data Agregat Masing-Masing *Family Product* (dalam rupiah unit)

Bulan	A	B	C	D	Bulan	A	B	C	D
Jul-11	410.181	111.875	121.700	18.267	Okt-13	363.536	187.216	221.554	13.909
Agust-11	483.437	165.817	113.948	10.531	Nop-13	338.343	84.822	280.119	29.840
Sep-11	469.785	169.867	152.078	18.015	Des-13	200.957	117.141	283.975	15.384
Okt-11	510.120	191.854	153.894	4.515	Jan-14	474.827	133.483	229.563	20.726
Nop-11	239.980	138.737	201.363	10.747	Feb-14	167.134	83.897	124.915	8.627
Des-11	301.423	127.383	185.352	21.754	Mar-14	318.255	129.747	179.521	13.393
Jan-12	472.227	138.047	176.023	2.883	Apr-14	244.981	114.981	203.052	15.844
Feb-12	481.355	106.133	121.679	13.557	Mei-14	198.645	100.047	401.961	20.978
Mar-12	273.488	137.750	120.843	9.906	Jun-14	246.616	102.026	320.093	10.590
Apr-12	312.354	114.110	158.512	15.010	Jul-14	554.164	162.595	153.172	11.394
Mei-12	305.664	124.243	186.107	15.641	Agust-14	629.334	183.074	261.355	19.611
Jun-12	287.470	140.112	160.843	17.038	Sep-14	298.897	159.100	268.146	18.941
Jul-12	479.383	183.577	235.563	26.144	Okt-14	382.605	165.627	287.347	13.156
Agust-12	382.493	126.262	94.712	9.453	Nop-14	275.893	145.394	304.155	26.360
Sep-12	636.176	191.735	235.794	23.643	Des-14	333.803	144.300	214.526	10.323
Okt-12	508.326	168.987	231.975	14.104	Jan-15	377.641	100.964	229.563	20.726
Nop-12	310.477	161.366	269.035	29.840	Feb-15	245.282	110.097	124.915	8.627
Des-12	371.526	131.337	300.581	27.397	Mar-15	189.819	109.877	179.521	13.393
Jan-13	357.963	170.815	262.173	8.698	Apr-15	377.221	149.134	203.052	15.844
Feb-13	352.178	145.127	222.120	11.150	Mei-15	364.318	127.456	401.961	20.978
Mar-13	247.763	95.519	255.733	13.968	Jun-15	553.948	146.978	320.093	10.590
Apr-13	369.122	138.565	196.188	15.930	Jul-15	310.400	150.715	153.172	11.394
Mei-13	344.185	142.996	239.766	24.809	Agust-15	575.374	190.653	261.355	19.611
Jun-13	457.567	147.864	252.379	9.417	Sep-15	408.769	205.496	268.146	18.941
Jul-13	428.404	139.522	208.998	10.904	Okt-15	313.954	155.078	287.347	13.156
Agust-13	385.677	91.159	180.637	5.456	Nop-15	306.539	111.215	304.155	26.360
Sep-13	630.909	147.800	281.811	25.591					

	Y (WSD)	inflasi
inflasi	-0.380 0.012	
IRK	0.030 0.049	0.083 0.600
BI Rate	-0.139 0.379	0.628 0.000
Uang Beredar	-0.089 0.075	0.569 0.000
Minyak Mentah	-0.152 0.338	-0.316 0.042
PDB	-0.043	0.558

Gambar 2. Uji Korelasi pada *family product B*



Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	0.1960	0.1960	4.74	0.032
Inflasi	1	0.1960	0.1960	4.74	0.032
Error	40	1.1830	0.0296		
Lack-of-Fit	34	0.9941	0.0292	1.00	0.528
Pure Error	6	0.1671	0.0278		
Total	41	1.8590			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(Adj)	R-sq(Pred)
0.17032	14.42%	12.28%	4.31%

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.7021	0.0578	12.16	0.000	
Inflasi	-0.405	0.154	-2.60	0.012	1.00

Regression Equation  
Y (MSD) = 0.7021 - 0.405 Inflasi

Fits and Diagnostics for Unusual Observations				
Obs	Y (MSD)	Fit	Resid	Std Resid
22	0.862	0.6416	0.4044	2.49 R

R: Large residual

Gambar 3. Uji Regresi pada family product B

Analysis of Variance					
Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Regression	1	0.2844	0.2844	11.27	0.002
Inflasi	1	0.2844	0.2844	11.27	0.002
Error	39	0.9847	0.0252		
Lack-of-Fit	33	0.8175	0.0247	0.89	0.630
Pure Error	6	0.1671	0.0278		
Total	40	1.2691			

Model Summary			
S	R-sq	R-sq(Adj)	R-sq(Pred)
0.158894	22.41%	20.42%	19.68%

Coefficients					
Term	Coef	SE Coef	T-Value	P-Value	VIF
Constant	0.7253	0.0545	13.30	0.000	
Inflasi	-0.504	0.150	-3.36	0.002	1.00

Regression Equation  
Y (MSD) = 0.7253 - 0.504 Inflasi

Durbin-Watson Statistic  
Durbin-Watson Statistic = 1.76532

Gambar 4. Uji Regresi 2 family product B

Regression Equation

$$Y \text{ (MSD)} = 0.490 - 0.781 \text{ Inflasi} + 0.051 Y-1 + 0.005 Y-2 + 0.102 Y-3 - 0.074 Y-4 - 0.209 Y-5 - 0.180 Y-6 - 0.049 Y-7 + 0.110 Y-8 - 0.087 Y-9 + 0.142 Y-10 + 0.125 Y-11 + 0.181 Y-12 - 0.061 Y-13 + 0.194 Y-14 + 0.018 Y-15 - 0.180 Y-16 - 0.001 Y-17 + 0.388 Y-18 - 0.226 Y-19$$
  

Fits and Diagnostics for Unusual Observations

Obs	Y (MSD)	Fit	Resid	Std Resid
14	0.487	0.771	-0.283	-2.29 R

R: Large residual

Gambar 5. Uji Regresi Faktor Inflasi dan Yt-n pada family product B

### 3.2. Perancangan Arsitektur JST

Metode taguchi digunakan untuk mengoptimasi set parameter dari JST. Metode Taguchi menggunakan desain *orthogonal array* sederhana dan analisis *variance* yang jelas sehingga menghasilkan jumlah eksperimen data yang kecil untuk analisis sistematis (Chen, 2014). Pada penelitian ini dipertimbangkan menggunakan dua model, yaitu dengan satu *hidden layer* dan dua *hidden layer*. Faktor yang dipertimbangkan dalam pembuatan model JST di antaranya jumlah neuron pada *hidden layer*, fungsi transfer pada *hidden layer* dan *layer*, dan *learning rate*.

Penentuan jumlah neuron pada hidden layer dilakukan dengan *trial error* dengan range jumlah neuron berada diantara jumlah neuron input dan neuron output. Dari *trial error* ini kemudian dipilih tiga level yang akan mewakili jumlah neuron, baik untuk hidden layer satu, maupun dua *hidden layer*. Untuk *learning rate* yang dipilih adalah 0,1; 0,3; dan 0,9 (Chen, 2013). Fungsi transfer untuk *hidden layer* satu dan dua menggunakan fungsi transfer sigmoid untuk model jaringan *backpropagation*, yaitu logsig, tansig, dan purelin. Untuk fungsi transfer *hidden layer* dipilih dua level, yaitu logsig dan tansig, dengan pertimbangan bahwa training dapat menghasilkan performansi yang lebih baik, baik untuk data linear maupun non-linear (Chaturvedi, 2008 dan Siang, 2004). Sedangkan untuk fungsi transfer *output layer* dipilih tiga level, yakni logsig, tansig, dan purelin. Perubahan fungsi transfer akan mempengaruhi jumlah iterasi, performansi, gradien, dan hasil peramalan. Pelatihan dengan kombinasi fungsi terbaik dipilih berdasarkan nilai MAPE terendah dan nilai R *Squared* terbesar. Dari kelima faktor tersebut kemudian dibangun model Taguchi dimana kelima faktor tidak saling mempengaruhi satu sama lain, sehingga dipilihlah model *orthogonal array* L18. Tabel 3.2. dan Tabel 3.3. menunjukkan contoh DoE untuk family product D dan B.



Tabel 2. DoE Family Product D

No	FT1	FT2	HL1	HL2	Lr	No	FT1	FT2	HL1	HL2	Lr
1	logsig	logsig	11	2	0,1	10	tansig	logsig	11	4	0,9
2	logsig	logsig	15	3	0,3	11	tansig	logsig	15	2	0,1
3	logsig	logsig	19	4	0,9	12	tansig	logsig	19	3	0,3
4	logsig	tansig	11	2	0,3	13	tansig	tansig	11	3	0,9
5	logsig	tansig	15	3	0,9	14	tansig	tansig	15	4	0,1
6	logsig	tansig	19	4	0,1	15	tansig	tansig	19	2	0,3
7	logsig	purelin	11	3	0,1	16	tansig	purelin	11	4	0,3
8	logsig	purelin	15	4	0,3	17	tansig	purelin	15	2	0,9
9	logsig	purelin	19	2	0,9	18	tansig	purelin	19	3	0,1

Tabel 3. DoE Family Product B

No	FT1	FT2	HL1	HL2	Lr	No	FT1	FT2	HL1	HL2	Lr
1	logsig	logsig	4	2	0,1	10	tansig	logsig	4	4	0,9
2	logsig	logsig	5	3	0,3	11	tansig	logsig	5	2	0,1
3	logsig	logsig	6	4	0,9	12	tansig	logsig	6	3	0,3
4	logsig	tansig	4	2	0,3	13	tansig	tansig	4	3	0,9
5	logsig	tansig	5	3	0,9	14	tansig	tansig	5	4	0,1
6	logsig	tansig	6	4	0,1	15	tansig	tansig	6	2	0,3
7	logsig	purelin	4	3	0,1	16	tansig	purelin	4	4	0,3
8	logsig	purelin	5	4	0,3	17	tansig	purelin	5	2	0,9
9	logsig	purelin	6	2	0,9	18	tansig	purelin	6	3	0,1

### 3.3. Peramalan JST

Peramalan dengan jaringan syaraf tiruan mampu mengatasi hubungan non-linear antara berbagai macam parameter terlepas dari data statistik dan numerik di masa lalu, sehingga memungkinkan dipertimbangkannya faktor yang berpengaruh penting seperti promosi dan pangsa pasar (Kong dan Martin, 1995). Model jaringan yang digunakan dalam penelitian ini adalah multi layer *backpropagation*. *Backpropagation* dipilih karena mampu memahami peristiwa baru dan membuat prediksi tentang peristiwa masa depan dengan mengeneralisasi berdasarkan peristiwa sebelumnya. Disamping itu, *backpropagation* juga mampu menghubungkan baik *set data* linear maupun non linear dan menggeneralisasi dengan baik data yang berfluktuasi random ataupun yang tidak relevan.

Jenis *training* akan mempengaruhi dari kecepatan pelatihan dan hasil pelatihan arsitektur jaringan. Fungsi yang digunakan adalah *trainrp* dengan fungsi aktivasi sigmoid. Fungsi *trainrp* dipilih untuk meminimalkan terjadinya perubahan bobot yang kecil meskipun jauh dari titik optimal, sebagai akibat dari gradien yang kecil pada metode penurunan yang iterasinya berdasarkan penurunan gradien (Siang, 2004). Hal ini karena pada umumnya jaringan *backpropagation* menggunakan fungsi aktivasi sigmoid, dimana masukannya dapat tak berhingga, dan keluarannya hanya pada range [0,1], sehingga apabila suatu titik semakin jauh dari  $x = 0$ , maka semakin kecil gradiennya.

Input dalam jaringan ditentukan berdasarkan *k-fold cross validation* dengan nilai  $k=6$ , dengan nilai subset pertama (*fold 1*) 2 neuron, hingga subset terakhir (*fold 6*) 7 neuron yang mewakili jumlah neuron input. Hasil dari pengujian ini didapatkan jika input untuk *family product* A sebesar tujuh neuron, *family product* B sebesar empat neuron, *family product* C sebesar lima neuron, dan *family product* D sebesar empat neuron.

### 3.4. Perbandingan Hasil Peramalan JST dengan Peramalan Tradisional dan Peramalan Intuisi

Peramalan JST dilakukan dengan menggunakan MATLAB R2012 untuk seluruh DoE di masing-masing *family product*. Tabel 3.4 berikut menunjukkan arsitektur JST terbaik pada setiap *family product*. Hasil peramalan JST ini kemudian dibandingkan dengan hasil peramalan *time series* yang telah dilakukan oleh Isnaini (2016) yang ditunjukkan pada Tabel 5 dan Tabel 6.

Berdasarkan Tabel 6. didapatkan jika 75% *family product* yang diramalkan dengan JST memberikan nilai MAPE lebih kecil dibandingkan peramalan tradisional, yaitu *family product* B, C, dan D. Sedangkan 25% *family product*, peramalan tradisional memberikan hasil peramalan yang lebih baik dibandingkan JST, yaitu untuk *family product* A. Data hasil peramalan JST dan peramalan tradisional kemudian di-disagregasi sehingga didapatkan jumlah unit untuk masing-masing produk. Disagregasi dilakukan dengan mengalikan hasil peramalan dengan presentase dari masing-masing produk sehingga didapatkan data jumlah unit untuk masing-masing produk. Tabel 7. berikut menunjukkan disagregasi hasil dari peramalan JST untuk masing-masing produk.



Tabel 4. Arsitektur JST Terbaik

	Family Product			
	A	B	C	D
Arsitektur Jaringan	[7 5 3 1]	[7 6 4 1]	[5 2 1]	[4 15 4 1]
Layer	Tansig	Logsig	Logsig	Tansig
Fungsi Transfer Output	Tansig	Logsig	Tansig	Tansig
Learning Rate	0,1	0,9	0,3	0,1
Epoch	1401	546	50000	49918
Time	0:00:04	0:00:02	0:03:02	0:03:45
Performance	9.98e-06	9.98e-06	1.11e-05	1.00e-05
Gradient	24.8e-05	21.8e-05	4.68e-05	48.2e-05
MAPE	27,27%	13,27%	8,52%	8,57%

Tabel 5. Hasil Peramalan Tradisional      Tabel 6. Perbandingan Peramalan JST dan Peramalan Tradisional

Produk	Metode	MAPE	
		Training	Validasi
A	SARIMA (311)(011)12	23,00%	21,90%
B	SARIMA (111)(101)6	16,10%	14,20%
C	SARIMA (111)(110)6	21,00%	11,30%
D	SARIMA (211)(110)6	30,40%	14,90%

No.	Family Product	Peramalan	
		MAPE Timeseries	MAPE JST
1	A	<b>21,29%</b>	27,27%
2	B	14,20%	<b>13,27%</b>
3	C	11,30%	<b>8,52%</b>
4	D	14,90%	<b>8,57%</b>

Gambar 6. berikut ini menunjukkan perbandingan hasil peramalan JST, peramalan tradisional, peramalan intuisi ED dengan penjualan aktual untuk *family product* D, jika peramalan JST menghasilkan peramalan yang lebih mendekati penjualan aktual dibandingkan peramalan tradisional dan intuisi.

Perhitungan *gross profit* dilakukan dengan membandingkan jumlah unit tiap produk dari hasil peramalan dengan aktual penjualan 2015. Ketika jumlah unit hasil peramalan lebih besar dibanding aktual penjualan 2015, maka *gross profit* dihitung dari aktual penjualan 2015 dikali harga jual produk yang kemudian dikurangi dengan biaya produksi dikali aktual penjualan 2015 dan selisih jumlah unit hasil peramalan dengan aktual penjualan 2015 yang dikali total biaya simpan. Sedangkan apabila jumlah unit hasil peramalan lebih kecil dibanding aktual penjualan 2015, *gross profit* didapat dengan mengalikan profit dan jumlah unit hasil peramalan dikurangi dengan selisih aktual penjualan 2015 dan hasil peramalan dikali dengan *profit*. Untuk melihat seberapa signifikan perbedaan hasil peramalan JST dengan peramalan tradisional dan intuisi, maka hasil peramalan masing-masing metode kemudian dibandingkan berdasarkan biaya. Perhitungan biaya dilihat dari *gross profit* pada setiap metode peramalan. Berdasarkan perhitungan *gross profit* diketahui jika peramalan JST memberikan nilai *gross profit* lebih besar dibanding dengan peramalan tradisional dan intuisi sebesar 68% dari keseluruhan jenis produk, atau sebanyak 17 produk. Sedangkan untuk peramalan tradisional lebih baik pada 8% jenis produk, dan sisanya 24% produk lebih baik saat menggunakan peramalan intuisi.

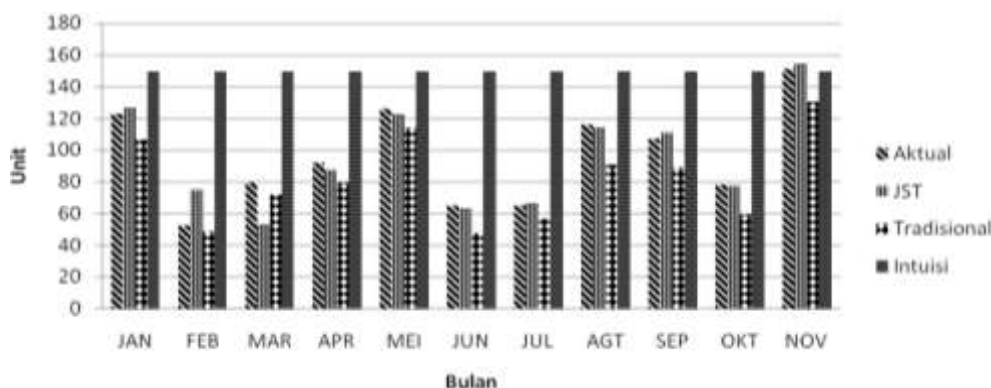
Hasil peramalan kemudian akan dibandingkan dengan penjualan aktual setiap bulan di tahun 2015. Selisih antara jumlah penjualan aktual dengan peramalan kemudian akan dikalikan dengan biaya simpan apabila terjadi stok, dan dikalikan *opportunity cost* apabila tidak mampu memenuhi permintaan. Kerugian biaya yang dihasilkan masing-masing hasil peramalan untuk seluruh produk di tahun 2015 adalah Rp 47.523.930,- untuk peramalan intuisi, Rp 31.682.026,- untuk peramalan JST, dan Rp. 57.672.813,- untuk peramalan tradisional. Dimana dibandingkan dengan peramalan intuisi dan peramalan tradisional, peramalan JST memberikan kerugian biaya yang lebih sedikit untuk 80% produk atau sebanyak 20 produk. Sehingga dapat disimpulkan jika



peramalan JST mampu meminimalkan terjadinya kerugian sebesar 33% dibanding peramalan intuisi dan 45% dibanding peramalan tradisional dilihat dari perhitungan stok

Tabel 7. Hasil Disagregasi Peramalan JST (dalam unit)

NO	Produk	Jan-15	Feb-15	Mar-15	Apr-15	Mei-15	Jun-15	Jul-15	Agust-15	Sep-15	Okt-15	Nop-15
1	A1	2001	1264	355	2442	1924	2190	2204	801	2127	1278	1707
2	A2	2273	1436	403	2774	2186	2488	2503	910	2416	1451	1939
3	A3	2049	1294	364	2501	1971	2243	2257	820	2178	1308	1748
4	A4	1812	1144	322	2211	1742	1983	1995	725	1926	1157	1545
5	A5	1952	1233	346	2382	1877	2137	2150	781	2075	1246	1665
6	A6	1150	726	204	1403	1106	1258	1266	460	1222	734	980
7	A7	584	369	104	713	561	639	643	234	621	373	498
8	A8	243	153	43	296	233	266	267	97	258	155	207
9	A9	160	101	28	196	154	176	177	64	171	102	137
10	A10	127	81	23	156	123	140	140	51	136	81	109
11	B1	343	361	350	391	362	383	350	487	403	448	365
12	B2	420	443	429	480	444	470	429	597	495	550	447
13	B3	407	429	415	464	430	455	416	578	479	532	433
14	B4	312	329	318	356	330	349	319	443	367	408	332
15	B5	325	342	331	370	343	363	332	461	382	424	346
16	B6	215	227	220	245	227	241	220	306	253	281	229
17	B7	198	209	202	226	209	221	202	281	233	259	211
18	C1	78	65	56	69	112	103	49	84	86	92	98
19	C2	123	102	87	108	175	161	77	132	134	144	154
20	C3	127	106	90	113	182	167	80	137	139	150	160
21	C4	92	77	65	82	132	121	58	99	101	109	116
22	C5	601	501	426	532	858	790	379	646	658	709	755
23	C6	303	252	215	268	432	398	191	326	331	357	380
24	D1	39	23	16	27	38	19	20	35	34	24	47
25	D2	88	52	37	61	85	44	46	80	77	54	107



Gambar 6. Perbandingan Hasil Peramalan JST, Tradisional, dan Intuisi dengan Aktual Penjualan di Tahun 2015 untuk *family product D*

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa model peramalan JST telah berhasil dibuat untuk memprediksi agregat *family product A, B, C, dan D*. Peramalan terbaik untuk seluruh *family product* dilakukan secara *time series* dengan error MAPE peramalan masing-masing sebesar 27,27% untuk *family product A*; 13,27% *family product B*; 8,52% *family product C*; dan 8,57% *family product D*. Pengembangan model JST ini dapat memberikan hasil peramalan yang lebih akurat di sebagian besar *family product* dibandingkan peramalan tradisional. Sedangkan berdasarkan analisis biaya, peramalan JST menghasilkan kerugian biaya yang lebih rendah dibanding peramalan *tradisional* dan intuisi sebesar 33% dan 45%.



### Daftar Pustaka

- Chaturvedi, D., 2008, *Soft Computing*, Springer, Berlin.
- Chen, M., Fan, M., Chen, Y., dan Wei, H., 2013, Design of Experimental on Neural Network Parameters Optimization for Time Series Forecasting in Stock Markets, *Neural Network World*, Vol.4 No.13 pp.369-393.
- Chen, M., Fan, M., Chen, Y., dan Jhong, S., 2014, Integrating Artificial Neural Network and Taguchi Method on Constructing the Real Estate Appraisal Model, *International Journal of Social Behavior, Education, Economic, Bussiness and Industrial Engineering*, Vol. 8 No.9.
- Fogarty, D., Blackstone, J.H., dan Hoffman, T.R., *Production & Inventory Management 2th Edition*, Ohio : South-Western Pubhlishing Co.
- Gracia, S., 2012, *Skripsi : Peramalan Jangka Menengah dan Jangka Panjang Terhadap Harga Komoditi Tambang Menggunakan Jaringan Syaraf Tiruan Model Backpropagation*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hill, T., O'Connor, M., Remus, W., 1996, Neural Network Models for Time Series Forecasts, *Management Science*, Vol. 42, No.7, pp. 1082-1092
- Isnaini, W., 2016., *Tesis : Minimasi Penjadwalan Produksi dengan Metode Palmer, Dannenbring, dan Campbell Dudek Smith (CDS) pada Sistem Produksi Flowshop (Studi Kasus : IKM X ED Alumunium Yogyakarta)*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta
- Kong, J., dan Martin, G., 1995, A Backpropagation Neural Network for Sales Forecasting, *Proceedings IEE International Coference*, Vol. 2, pp. 1007-1011
- Markridakis, S., McGee, V., dan Wheelwrights, S., 1992, *Forecasting, Methods and Applications*, John Wiley Sons, New York.
- Siang, J., 2004, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramannya Menggunakan Matlab*, Penerbit Andi, Yogyakarta.





## Feature Based Reverse Engineering Using Geomagic Design-X Software For Engine Block Model 465Q

TIDAK  
DIPRESENTASIKAN

Duddy Arisandi

Academy of Technic Soroako  
Jl. Sorontunthi, Pongoregoro No. 1 Soroako 92984, Sulawesi Selatan, Indonesia  
duddy\_arisandi@yahoo.com

### Abstract

Reverse engineering is a methodology for reinventing technology, principles of work, and/or system of a product or an object. The previous done by only geometrical approached, so that show various limitations such as the functionalities of the product due to geometric aspects. It was shown that the geometric capturing from real product has deviation due to leak in manufacturing processed, and has influents in new product development. To anticipate these conditions, we must make the model to have no mistakes to guarantee the reliability, durability, and functionality of component more efficiently. To do this, the research will use stages 1) The gathering of information, 2) Functional analysis, 3) Geometric measurement 4) Comparing stages 1&2 with stage 3, 5) Improvement geometrical requirement, 6) 3-D and 2-D modeling. Based on these stages, the model created will be corrected from the deviation and improve the model to realize for product reverse engineering. Case of study will be explained using engine block model 465Q which processed using Konika Minolta Vivid 9i (non-contact 3-D digitizer), Geomagic Design-X and Autodesk Inventor 2013.

**Keywords:** reverse engineering, information gathering, functional analysis, geometric measurement and 3-D modeling

### 1. Introduction

The main purpose of reverse engineering is to find the correct geometrical of product including the tolerances. Deviation usually happened cause of leak in manufactured, such as not uniform the dimension of holes which have the same dimension in the drawing, not perpendicular between plane and hole as requested in the drawing, not parallelism between two opposite planes, and etc (Figure-1).

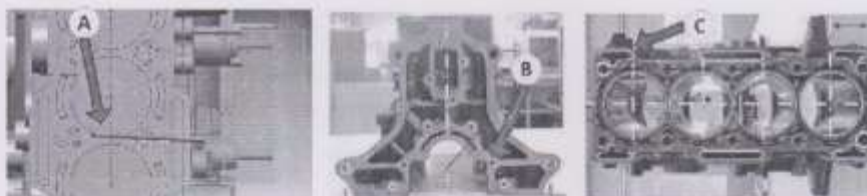


Figure 2 Geometrical features deviation in engine block

The meaning of a drawing identification remains the same despite the different definitions of the feature. ISO 14 660-1 defines (Figure-2) [2] :

1. Nominal feature (of ideal geometry according to the drawing);
2. Real feature (of non-ideal geometry as existing on the work piece);
3. Extracted feature (of non-ideal geometry as detected from the workpiece);
4. Associated feature (of ideal geometry and fitted to the extracted feature, according to an objective function (fitting rule, e.g. minimum zone)



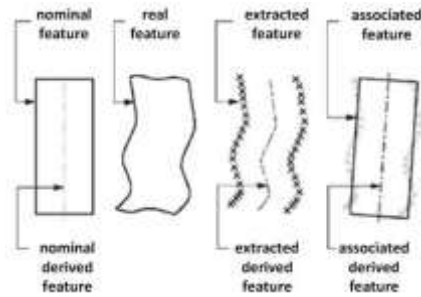


Figure 3 Feature identification

Error in capture geometric feature will cause that the component not reliable, durable, and not proper to delivery its function.

To fix this error, we must bring back the geometry to the nominal feature, so the component will satisfy the purposes of reverse engineering through the step 1) gathering information, 2) function analysis, 3) geometric measurement, 3D and 2D modeling, 4) verification, 5) conclusion.

This research used camera Minolta vivid 9i, linear contact measuring tools, Geomagic Design-X software, Autodesk Inventor 2013, and case of studied engine block model 465.

## 2. Literatures Review

Reverse engineering usually starts from a 3D object considered a prototype, it will be digitized using whichever method and transposed in a software likes CAD. The prototypes used in reverse engineering can be real or virtual. Figure-3i shows the principle of reverse engineering. From this figure we can see that in classical engineering we start from the technical idea and finish with the product, while in reverse engineering, it's backwards, we start from the product or an existing prototype and finish by digitizing the object and assigning the specifications (Figure-3i). [1]

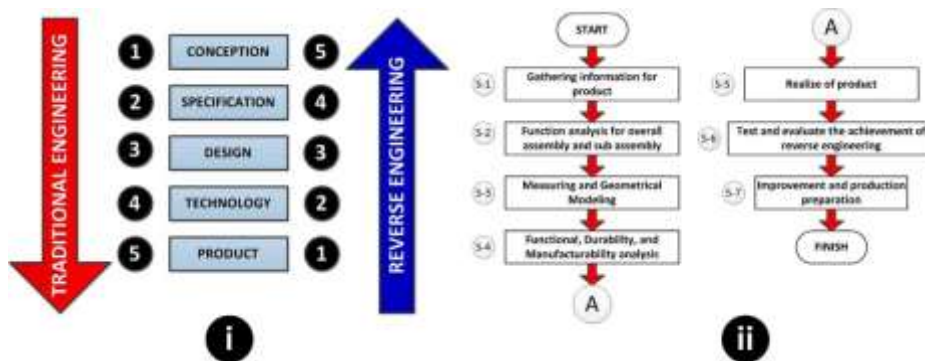


Figure 4 (i) Traditional engineering and reverse engineering steps , (ii) Seven step in reverse engineering

Reverse engineering is a process to reinvent the technology, working principle, and/or a system in a product/object likes tools, equipment, machines (a part or a whole) through structural analysis, functional analysis, working analysis, and estimated or predicting how the product was manufactured in the past. The steps are listed in figure-3ii. [3]

Note of the figure-3ii, that the step 1 to 4 can be done in parallel, and step 5 to 7 can be done in sequential. Step 7 can activate again all steps in reverse engineering.

The modeling technique uses shape engineering and parametric solid modeling. The phase is (1) triangulation that converts data points to polygon mesh, (2) mesh segmentation that separates polygon mesh into regions based on the characteristics of the surface geometry as they respectively represent, (3) solid modeling that converts segmented regions into parametric solid models, and (4) model translation that exports solid models constructed to mainstream CAD

systems. Note that it is desired to have the entire process fully automated; except for Phase 3. This is because that, as stated earlier, Phase 3 requires designer's interaction mainly to recover original design intents (Figure-4).

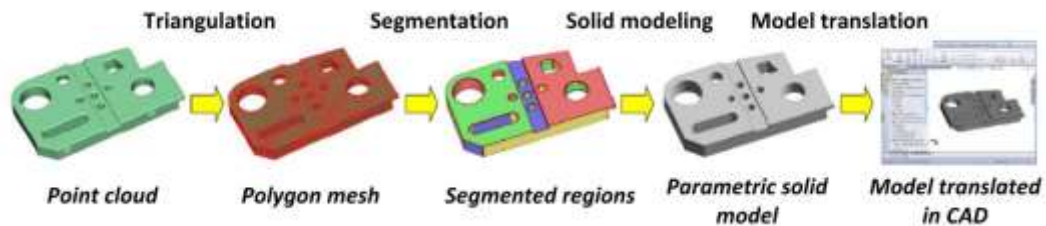


Figure 5 General processes of shape engineering and parametric solid model construction [1]

### 3. Research Methodology

The research using the steps: 1) Gathering of information, 2) Functional analysis, 3) Geometric measurement, 3-D and 2-D modeling, 4) Verification, 5) Conclusion.

### 4. Reverse Engineering Steps

#### 4.1. Step-1, Gathering of information

Information gathering has a purpose to know the product based on historical data, why the features present in the product, what kind of geometrical condition must be controlled, how to realize the feature in product through all manufacturing process.

Table 1 Result of information gathering

NO	ASPECT	OBJECT
1	FUNCTION & ASSEMBLING	1. Combustion
		2. Lubrication circulation
		3. Cooling circulation
		4. Ventilating system
		5. Seat for other component
2	MACHINING & MEASUREMENT	1. Locating position to make easy machining process
		2. Flat surface as datum feature
		3. Four axes of cylinder alignment
		4. Axes of cylinder perpendicular to crankshaft axes
		5. Honing process for cylinder use boring machine
		6. Use jig and fixture for machining
3	CASTING	1. Symmetrical parting line in longitudinal top surface
		2. Excess material for machining process
		3. Using datum target for casting quality control
		4. Using fixture inspection for casting product
		5. Sand casting process
		6. Using core pattern
4	MATERIAL	1. Grey cast iron
5	MODEL CONSTRUCTION	1. Closed deck system
		2. Engine block with sidewall extended downward
		3. Number of main bearing pedestal are 5
6	ACOUSTIC PROPERTIES	1. Noise structure
		2. Vibration

The kind of information need is: specification of engine, kind and function of the main components, working principle of engine and kinematic, load on engine, material, construction model of engine, engine block function, failure in the engine block, patent in the engine block, jig and fixture in the manufacturing process, manufacturing process of the engine block, quality control engine block, assembling engine, maintenance engine, and simulation analysis in the engine block. The result of information gathered was tabulating in Table-1.

#### 4.2. Step-2, Functional Analysis

Engine consist of components which have assembled each other to convey their function. The main functions of the engine are: combustion system, cooling system, ventilating system, transmission system, sealing system, timing system, mounting system, lubrication system (Figure-5i).



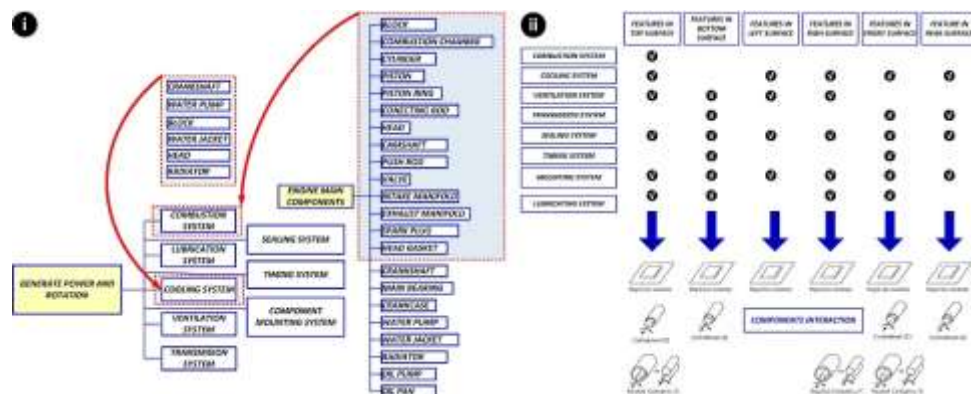


Figure 6 (i) Main engine components and its function, (ii) Feature interaction in engine block

Component was constructed from features through Boolean operation. The consequences of these interactions between components will be the impact of the interaction between features too. The kind of interaction can be seen in Figure-5ii.

To maintain that each function properly, so each interaction feature must be controlled in geometrical conditions. Especially in mating surface must be notified. The interaction between surface come into the geometrical control (Table-2):

Table 2 Features control in engine block

NO	LOCATION OF FEATURES IN ENGINE BLOCK	GEOMETRICAL CONTROL
1	FRONT SURFACE	1. Flatness
		2. Perpendicular to crankshaft, cam shaft, oil pump axes
		3. Perpendicular to water pump and housing shaft axes
		4. Need pin hole to constraint 6 degree of freedom
		5. Parallel condition between crankshaft, cam shaft, oil pump, water pump axes
2	REAR SURFACE	1. Flatness
		2. Perpendicular to crankshaft axes and fly wheel axes
		3. Concentricity between crankshaft axes and fly wheel axes
		4. Axes of cylinder perpendicular to crankshaft axes
		5. Parallel with front surface
		6. Need pin hole to constraint 6 degree of freedom
3	TOP SURFACE	1. Flatness
		2. Perpendicular with cylinders axes
		3. Parallel for each cylinder axes
		4. Perpendicular between cylinders axes with crankshaft axes
		5. Cylindricity and surface roughness for each cylinder
		6. Position of cylinder axes
		7. Pin hole to constraint 6 degree of freedom
4	BOTTOM SURFACE	1. Flatness
		2. Parallel with top surface
		3. Straightness of bearing cup mounting
		4. Parallel with crankshaft axes
5	LEFT SURFACE	1. Flatness for water inlet mounting and alternator
		2. Half ball features for strengthening bolt mounting
6	RIGHT SURFACE	1. Flatness for oil strainer mounting
		2. Datum target for casting inspection
		3. Half ball features for strengthening bolt mounting

### 4.3. Step-3, Geometric Measurement and Modeling

#### 4.3.1. Feature Identification

To make easy the name and number of feature, all of this based on the position of features on the surface of the engine block. The features will lie on the front, rear, top, bottom, left, and right of surface engine block (Figure-6i).





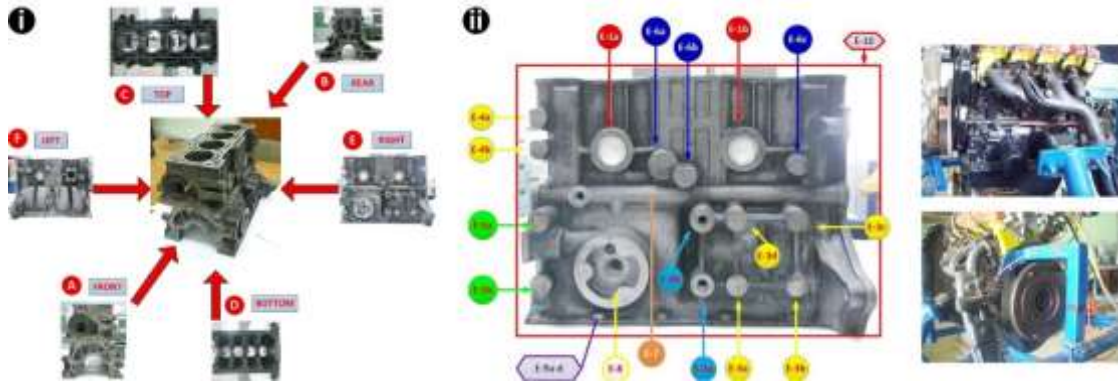


Figure 7 (i) Convention viewing in engine block surface, (ii) Feature identification and characterization in right surface of engine block

Each feature lie on the surface engine block must be identified. The features can be primitive feature, or complex feature. Specification of features will affect the crates of solid feature and other geometrical aspect must be controlled such mating surface (Figure-6ii).

Datum features in engine block must be decided because will influence the measuring and modeling process. This datum will be paid in the attention until overall manufacturing process. All features in the engine block have the potential to become the candidate of datum feature. Based on gathering information, functional analysis, and tabulated calculated, the engine block has datum features (Table-3).

Table 3 Datum features in engine block

NO	FEATURE	SPECIFICATION	NUMBER	GEOMETRICAL TOLERANCE SYMBOL										
				FORM					ORIENTATION				POSITION	
				—	□	○	◇	⌒	⌒	⊥	∠	∥	⊙	⊕
E1a-b	Thread hole	X,Y,Z,h	2	X	X	X	X	X	X	?	X	X	X	?
E2a-b	Thread hole	X,Y,Z,M,h	2	X	?	X	X	X	X	?	X	?	X	?
E3a-d	Solid cylinder	X,Y,Z,h	4	X	?	X	X	X	X	?	X	X	X	?
E4a-b	Solid cylinder	X,Y,Z,h	2	X	?	X	X	X	X	?	X	X	X	?
E5a-b	Solid cylinder	X,Y,Z,h	2	X	?	X	X	X	X	?	X	X	X	?
E6a-c	Solid cylinder	X,Y,Z,h	3	X	?	X	X	X	X	?	X	?	X	?
E7	Half cylinder	X,Y,Z,h	1	?	X	X	X	X	X	?	X	X	X	?
E8	Complex-1	X,Y,Z,P,L,R	1	X	?	X	X	X	X	?	X	X	X	?
E9a-d	Thread hole	X,Y,Z,M,h	5	X	X	X	X	X	X	?	X	?	?	?
E10	Complex-2	X,Y,Z,P,L,R	1	X	?	X	X	X	X	?	X	?	?	?
			TOTAL	28	1	16	8	8	8	28	0	11	6	28

NO	IDENTITY NUMBER	FEATURE	NUMBER	SURFACE	FUNCTION	TOTAL SCORE
1	D1a-e	Half cylinder hole	5	Bottom	Crankshaft seat	12
2	C1a-d	Cylinder hole	4	Top	Piston seat	12
3	A-7	Complex surface-4	1	Front	Front surface seat	12
4	CB	Complex surface-4	1	Top	Top surface seat	12
5	D9	Complex surface-2	1	Bottom	Bottom surface seat	12
6	A4a-b	Pin hole	2	Front	Fix pin seat	10
7	B2a-b	Pin hole	2	Rear	Fix pin seat four machining	10
8	D4a-b	Cylinder hole	2	Bottom	Fix pin seat	10
9	C4a-b	Step thread hole	2	Top	Fix pin seat for manufacturing	9

#### 4.3.2. Scanning, Planning

Scanning process done to capture the features in the engine block. Data capture can be three metric view, diametric view and front view, so orientation scanning its very important. Temperature, humidity, surface of product, distance of scanning, lens choice, and fixture must be maintained to get the best data. The schematic of the scanning process is: (Figure-7)



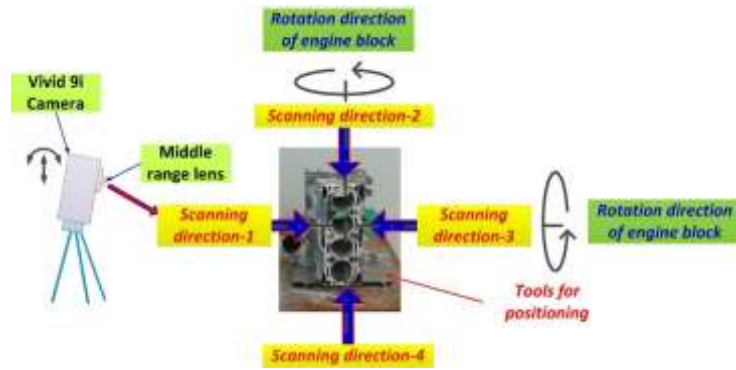


Figure 8 Scanning planning

#### 4.3.3. Scanning Process

To capture the data of feature in seven surfaces of engine block must be done in carefully. The scanning process will affect the result which related to geometrical feature. Number of scanning must be capture all feature in the engine block with completely. Due to the capacity of the computer for processing, the output data from scanning process are point clouds. In other conditions, the output data in meshing can be done, but need capacity more for the computer due to the size of file. The numbers of point cloud data are 52 and will be processed later (Table-4).

Table 4 Scanning data in point cloud format

DATA	VIEW						NUMBER OF VIEW	NUMBER OF DATA MEASUREMENT	NUMBER OF POINT CLOUD	LENGTH-X [mm]	LENGTH-Y [mm]	LENGTH-Z [mm]
	TOP	BOTTOM	FRONT	REAR	LEFT	RIGHT						
1	v						1	7	57,800	295.4395	330.4048	302.0578
2		v					1	12	80,315	294.6074	316.7423	274.2714
3					v		1	7	51,424	295.9913	279.4181	194.8270
4	v				v		2	5	62,733	293.3018	249.7796	326.4625
5			v				1	1	53,568	261.7358	298.9960	327.4005
6	v		v			v	3	3	67,951	215.3526	315.8761	284.5191
7		v	v			v	3	2	81,432	262.1878	299.2438	335.4261
8	v		v		v		3	1	89,048	207.9872	311.3417	313.4920
9		v	v		v		3	3	93,341	246.9322	360.3821	343.8496
10						v	1	4	105,145	114.8248	376.1114	333.0444
11		v		v		v	3	1	94,762	278.4760	380.1581	339.2990
12					v		1	1	96,722	204.2212	373.7466	341.9688
13		v		v			2	1	25,965	239.9232	274.1919	241.9376
14		v	v				2	1	28,948	219.9900	308.5728	333.9384
15	v					v	2	3	33,461	321.7936	217.3614	216.1427
<b>TOTAL</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>11</b>	<b>14</b>	<b>7</b>	<b>13</b>	<b>TOTAL OF DATA POINT CLOUD SCANNING : 52</b>					

#### 4.3.4. Point Cloud Processing

Due to the limitation of computer capacity for processing, so the data scanning take in point cloud data and not meshing format (although the scanner data available to take the data in format point cloud and meshing). The processing point cloud data have the purpose to capture the features incorrect geometry as well as in the real product. The process was taken in point cloud processing are: reduce noise nearly the feature for each scan data, alignment to join the individual data become joining data and construct the engine block, and joint point cloud data to remove redundant point cloud (Figure-8i).





Figure 9 (i) Point cloud processing, (ii) Polygon Processing

#### 4.3.5. Polygon Processing

This stage have the purpose for creating meshing and developable surfaces, and consists of: point cloud data preparation, cluster noise removal nearly features, best fit alignment and merge point cloud data to create meshing. This process used facility of software, namely built-up wizard. Usually, the meshing created still have the defect like holes. To repair it, at the end stage we choose fill hole. The quality of boundary fit surface will be influenced by meshing quality and cure path. Abnormal poly face at meshing will be improved by a software facility called healing wizard. Kind of defects are:

1. Folded poly face
2. Dangling poly face
3. Small cluster

Surface defect will affect perfectness of surface extractions. The mesh not only used for modeling, but use to analyze purpose too (Figure-8ii)

#### 4.3.6. Feature Extracting, Measuring, and Editing

Before feature extraction doing from the meshing, the meshing must be region group for classification meshing area based on feature geometry. Region group is one technic for the group the poly-face, which have one kind of feature. Region group will help the alignment process in meshing data to the global coordinate system and choose the region for extraction design intent, and will be translated become surface (flat surface, cylinder surface, cone surfaces, spherical surface, and free from surface). Alignment was carried out to make the design coordinate for manufacturing system, using X-Y-Z method. Making a datum reference frame for communicating how to modeling and dimension measuring for the feature (Figure-9i).

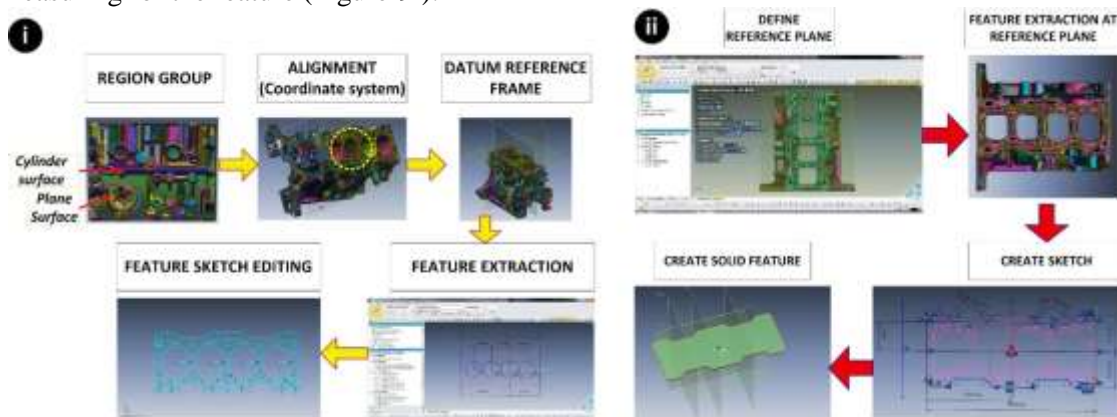


Figure 10 (i) Feature extracting and editing, (ii) Create solid features

Feature extraction takes through sketching in reference plane. The feature can be developed using software facility such as line, circle, curve, etc. Error in feature can be fixed at this stage,



such as non-uniform dimension of the same bolt hole, different distance between axes cylinder caused by the manufacturing process. At this stage, we need direct measurement using contact method. Measuring will become a stage for validation the dimension too. After fixing the error, the next step is creating a solid feature depend on the datum reference frame. Solid feature are cylinder, torus, sphere, or complex.

#### 4.3.7. Create Solid Modeling Engine Block

Features in engine block constructed by the main solid body and other additional features in all surfaces of the engine block. To create an engine block model, first we must create a main solid body of the engine block, and then create all solid features in all surfaces. Combine the features using Boolean technique operation. Engine block have 173 feature wich consist of : 18 at front surface, 23 at rear surface, 38 at top surface, 55 at bottom surface, 23 at right surface, and 16 at left surface (Figure-9ii & 10i).

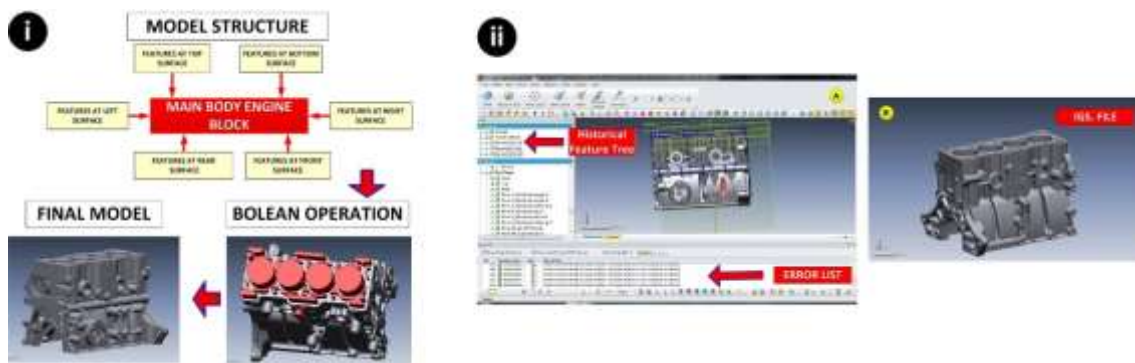


Figure 11 (i) Create solid features, (ii) Export to CAD format file

#### 4.3.8. Model Export

After the solid model of engine block finished, the file can be exported to CAD software such as Autodesk Inventor, Solidwork, Catia, and etc. All of the historical model can be exported using live transfer in Geomagic design-X. If the transfer successfully, all the histories in the feature tree can be transferred too, so editing can be done with CAD software. If the transfer was not successful, the file can be exported in the format of its. file or stop. file for giving the dimension and tolerance of the features [4].

In CAD software we give the dimension and the tolerance for feature, for the manufacturing purpose. Datum features are important things that help manufacturing process based one gathering of information and functional analyzed (Figure-10ii).

#### 4.3.9. Model verification

Verification takes to compare that the model was created based on gathering information, functional analyzes, and measurement. Error due to manufacturing process was repaired in modeling phase. The result of verification was listing (Figure-11).



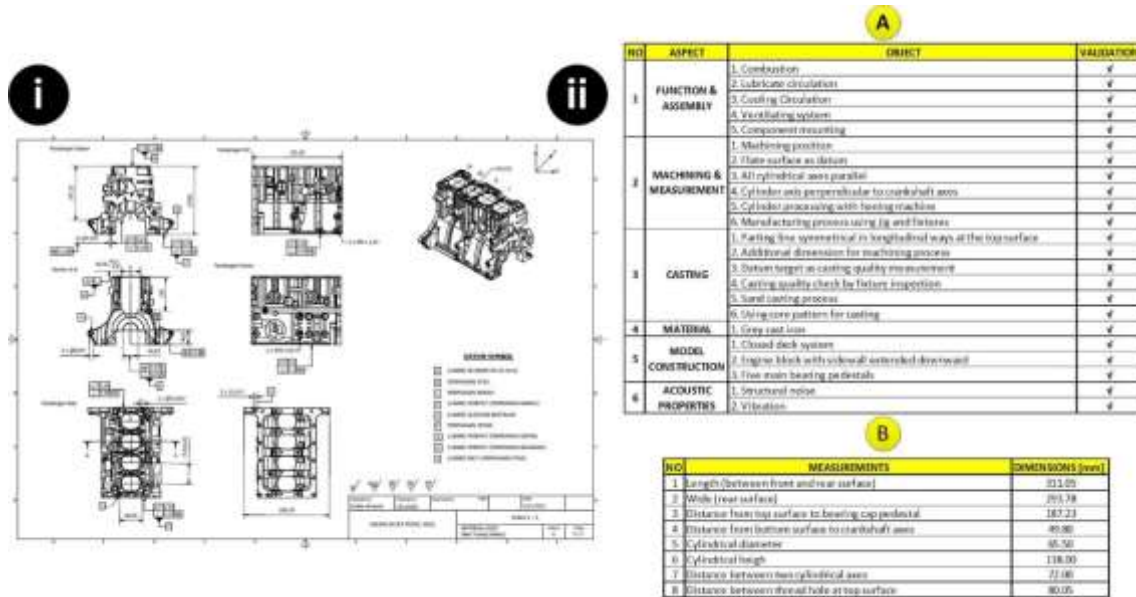


Figure 12 (i) 2D CAD Model, (ii) Feature verification

## 5. Analysis

### 5.1. Feature Extraction

Error capture due to manufacturing process must be corrected. Corrective was taken from a sketch model where the extracted features show the deviations. For example the uniform of holes and shape where have the same geometrical from the symmetrical axes. The deviation come from the casting process, where the rate of cooling of material casting different for each surface and each feature. In another condition, the same dimension and process of the hole may result different geometry due to different control parameter. The improvement of deviation was taken by improving the sketch before solid features was created.

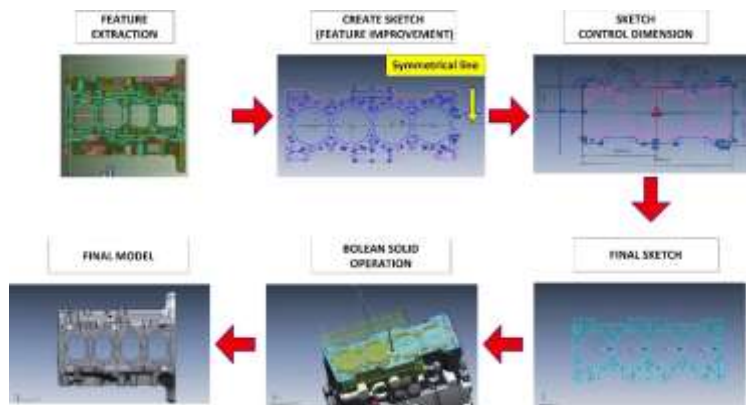


Figure 13 Error due to manufacturing process

### 5.2. Measurement

The deviation come from the casting process, where the rate of cooling of material casting different for each surface and each feature. In another condition, the same dimension and the process of the hole may result different geometry due to different control parameter. The improvement of deviation was taken by improving the sketches before solid features was created (Figure-13).



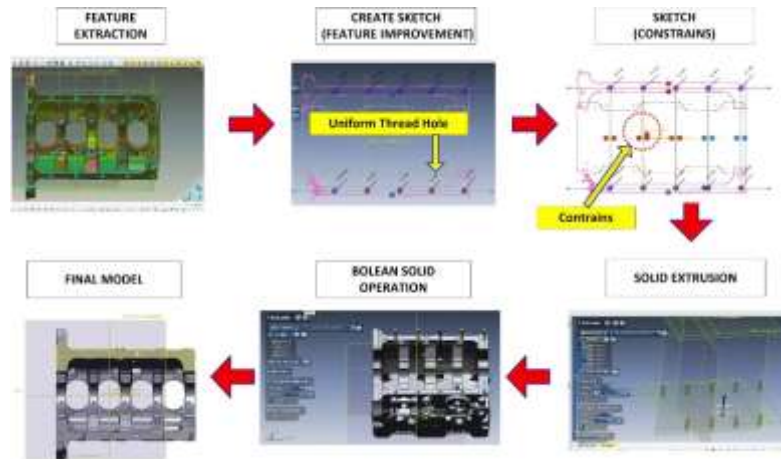


Figure 14 Error due to limitation of scanner and surface geometry

### 5.3. Making Solid Feature

Geomagic Design-X software has ability for automatically extracted solid primitive features. This process will pass the step create a feature from extracted the sketch, and the time for creating faster. This process has the consequence that if the feature have the deviation, so they automatically create feature will have the deviation too. For example, to create solid external or internal diameter.

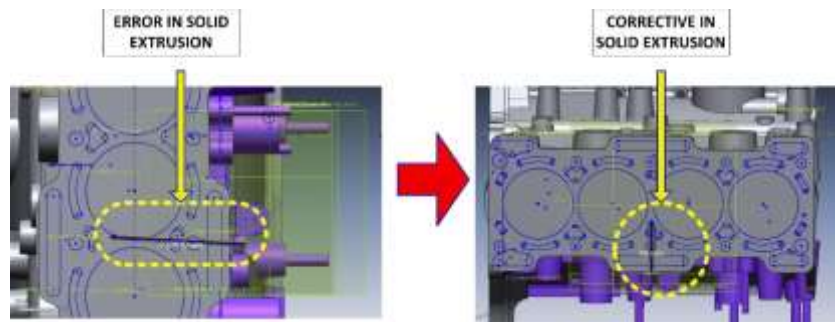


Figure 15 Error due to the automatically create solid feature

In Figure-14, show that the hole did not perpendicular to the datum reference frame. To corrective this deviation, we must extract the feature in correct plane and sketch, and then create the solid feature.

## 6. Conclusion

Gathering information and functional analysis must be done before creating the model to define geometrical aspect of the product. In this chase, how to choose datum feature base on candidates of datum feature was explained. The datum feature will be impacted all of the process in reverse engineering.

The deviation due to manufacturing process can be improved through measuring step both of contact method and non-contact method. The destination is to create the real feature free from the deviation.

## Acknowledgement

The research work was conducted in the laboratory of Balai Besar Logam dan Mesin (MIDC / Metal Industry and Development Center) Bandung, and Faculty of Mechanical and Aerospace



Engineering, Institute of Technology Bandung (FTMD-ITB). The authors extend their gratitude and appreciation to Polman Bandung for providing technical support for this project.

#### **References**

- Alai, S., 2013, A Review of 3D Design Paramerization Using Reverse Engineering, *International Journal of Emerging Technology and Advance Engineering*
- Geomagic, 2013, *User Guide Geomagic Design-X*, USA
- Henzold, G., 2006, *Geometrical Dimensioning and Tolerancing for Design, Manufacturing and Inspection*, Elsevier.
- Rochim, T., 2012, *Tujuh Tahap Rekayasa Peniruan*, Reverse engineering Workshop, Puslitbang-PLN, Fakultas Teknik Mesin dan Dirgantara-Institut Teknologi Bandung, Jakarta



## Usulan Keseimbangan Lini Pada Proses Pembuatan *Frame* Dengan Menggunakan Metode *Ranked Position Weight*, *Largest Candidate Rule*, Dan *Region Approach* Di PT BCI

Hermanto<sup>1</sup> & Arief Muhammad Nur<sup>2</sup>

Program Studi Teknik Industri FTMIPA Universitas Indraprasta PGRI  
hers3sm@gmail.com/hermanto\_trisakti@yahoo.co.id

### Intisari

Penelitian ini adalah untuk menentukan metode yang tepat dalam proses pembuatan *frame* dan mengetahui faktor-faktor yang menyebabkan ketidakseimbangan pada lini pembuatan rangka (*frame*) serta merancang usulan perbaikan lini perakitan produksi pada pembuatan rangka (*frame*) pada PT. Bitzer Compressors Indonesia. Penelitian ini menggunakan metode *line balancing* yang bertujuan menyeimbangkan lini perakitan agar lebih efektif dan efisien. sumber data melalui wawancara dan pengamatan secara langsung sebanyak 10 kali untuk mendapatkan waktu siklus pembuatan *frame*, sedangkan untuk data sekunder adalah data yang sudah diolah dan distandarisasikan perusahaan berdasarkan data hasil penelitian yang terkait dengan keseimbangan lintasan. Hasil yang diperoleh dari penelitian ini untuk *line balancing* dalam pembuatan *frame* adalah dengan membandingkan ketiga metode *Ranked Position Weight*, metode *Largest Candidate Rule* dan metode *Region Approach* dengan hasil yang berbeda-beda, dan dari hasil analisis ketiga metode tersebut yang terbaik adalah metode *Ranked Position Weight* karena memiliki efisiensi yang tinggi dan waktu menganggur yang rendah. Dapat diambil resume, bahwa metode yang tepat untuk digunakan perusahaan yaitu metode *Ranked Position Weight* (RPW). Karena pada metode ini memiliki nilai *delay time* kecil yaitu 65,00, presentase *delay time* terkecil, yaitu sebesar 9,03%, nilai efisiensi yang besar yaitu 90,59%, dan nilai *smoothness index* terkecil yaitu 49,35. Metode yang paling tepat untuk digunakan pada departemen *frame*, *sandblasting frame*, dan *painting frame* dalam membuat sebuah *frame* di PT. Bitzer Compressors Indonesia yaitu metode *ranked position weight* dilihat beberapa faktor seperti efektifitas, efisiensi, waktu menganggur, serta kelancaran pada perakitan.

*Kata Kunci* : Keseimbangan lini, proses pembuatan *frame*, Metode *Ranked Position Weight*, metode *Largest Candidate Rule* dan metode *Region Approach*

### 1. PENDAHULUAN

#### Latar Belakang

Setiap perusahaan dalam kegiatannya mempunyai tujuan yakni membuat dan menjual berbagai produk tertentu, proses pengelolaan serta pengalokasian lintas perakitan produksi menjadi salah satu bahan penelitian ini. Perlunya suatu kerangka atau sistem kerja yang saling mendukung, untuk berjalannya proses produksi yang merupakan suatu kegiatan penting bagi perusahaan. Terjadinya *bottleneck* pada lintas perakitan disebabkan oleh ketidaksamaan waktu stasiun kerja dengan waktu siklus atau dapat dikatakan tidak seragamnya waktu pengerjaan pada setiap stasiun kerja, juga diakibatkan oleh kurangnya alat-alat pendukung pekerjaan perakitan sehingga menimbulkan waktu tunggu serta pengalokasian lintas perakitan produksi yang tersedia dalam sistem kerja yang belum mendukung. Oleh karena itu, peneliti ingin merancang sitem kerja yang efektif dan efisien untuk keseimbangan lini pembuatan rangka (*frame*) di PT Bitzer Compressors Indonesia dengan menggunakan 3 metode *line balancing*, yaitu metode *ranked position weight* (bobot posisi), metode *largest candidat rule* (pembebanan berurut), dan metode *region approach* (pendekatan wilayah). Dari ketiga metode tersebut kemudian penulis akan membandingkan metode mana yang paling baik dan menerapkannya di PT. Bitzer Compressors Indonesia.



## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Line Balancing*

Dalam lingkungan perusahaan bertipe *repetitive manufacturing* dengan produksi massal, peranan perencanaan produksi sangat penting, terutama dalam penugasan kerja pada lintasan perakitan (*assembly line*). Pengaturan dan perencanaan yang tidak tepat mengakibatkan setiap stasiun kerja di lintas perakitan mempunyai kecepatan produksi yang berbeda. Penyeimbang lintas perakitan berhubungan erat dengan produksi massal. Sejumlah pekerjaan perakitan dikelompokkan ke dalam beberapa pusat pekerjaan yang disebut sebagai stasiun kerja (Kusuma, 2004:95). *Line Balancing* (Lintasan Perakitan) biasanya terdiri dari sejumlah area kerja yang dinamakan stasiun kerja yang ditangani oleh seorang atau lebih operator dan ada kemungkinan ditangani dengan menggunakan bermacam-macam alat (Ginting, 2007:206). Metode penugasan pekerjaan ke dalam stasiun kerja-stasiun kerja yang saling berkaitan dalam satu lini produksi sehingga setiap stasiun kerja memiliki waktu yang tidak melebihi waktu siklus stasiun kerja tersebut. Keterkaitan sejumlah pekerjaan dalam suatu lini produksi harus dipertimbangkan dalam menentukan pembagian pekerjaan ke dalam masing-masing stasiun kerja. Masalah penentuan jumlah orang beserta tugas-tugas yang diberikan kepada masing-masing sumber daya tersebut dikenal sebagai *line balancing* (Gaspersz, 1998:217). Beberapa aspek yang terpengaruh antara lain biaya, keuntungan, tenaga kerja, peralatan, dan sebagainya.

### 2.2 Metode Keseimbangan Lintasan Produksi

- a. Metode Analitis contoh : *Branch and Bound Analisis PERT* (Kajian Penelitian Operasional).
- b. Metode Komputerisasi Salah satu metode yang sering digunakan COMSOAL (*Computer Method of Sequencing Operation for Assembly Line*).
- c. Metode Heuristik Beberapa metode heuristik yang umum digunakan beserta langkah pengerjaannya antara lain :
  - 1) Metode bobot posisi peringkat (*ranked positional weight*)  
Metode ini lebih menitikberatkan pada pembatasan daerah berdasarkan *precedence diagram*. Setiap stasiun kerja dikelompokkan masing-masing sesuai dengan ada tidaknya predecesor dan kesamaan urutan. Langkah-langkah untuk menyusun lintas perakitan menggunakan metoda ini adalah sebagai berikut (Nasution dan Prasetyawan, 2008:330) :
  - 2) Metode pengurutan waktu terbesar (*largest candidate rule*)  
*Largest Candidate Rule* merupakan metode heuristik yang paling sederhana. Pengelompokan elemen kerja pada stasiun kerja hanya berdasarkan waktu elemen. Langkah-langkah yang dilakukan pada metode *Largest Candidate Rule* adalah sebagai berikut (Nasution dan Prasetyawan, 2008:338) :
  - 3) Metode pendekatan wilayah (*region approach*)  
*Region Approach* merupakan metode heuristik yang menempatkan elemen pekerjaan pada stasiun kerja berdasarkan posisi pada *Precedence Diagram*. Langkah-langkah yang dilakukan pada metode *Region Approach* adalah sebagai berikut (Ginting, 2007:219).

## 3. METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Metode Penelitian

Studi Pustaka dan Studi Lapangan, Metode Pengamatan, Wawancara, Dokumentasi.

### 3.2 Teknik Analisis Data

Setelah melakukan pengolahan data, kemudian hal yang dilakukan yaitu menganalisis data-data yang telah didapat. Dari metode *ranked positional weight*, metode *largest candidate rule*, dan metode *region approach* yang diolah, kemudian mencari kelebihan dan kelemahan metode dalam penerapannya di perusahaan. Peneliti memilih satu metode terbaik dengan melihat pada nilai *delay time* dan *smoothing index* terkecil dan nilai presentase efisiensi stasiun kerja terbesar. Setelah itu menggunakan atau menerapkan metode *line balancing* yang telah dipilih dan kemudian mencoba mengaplikasikannya pada lintasan produksi



pembuatan *frame* pada bagian proses *frame*, *sandblasting*, dan *painting frame* di PT Bitzer Compressors Indonesia.

#### 4. PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

##### 4.1 Pengumpulan Data Waktu Pengamatan (Waktu Siklus)

Waktu Siklus ( *Cycle Time* ) adalah waktu antara penyelesaian dua proses produksi yang diasumsikan bernilai sama untuk seluruh proses. Berikut merupakan waktu siklus yang didapatkan berdasarkan pengamatan langsung pembuatan *frame* pada bagian proses *frame*, *sandblasting frame*, dan *painting frame* :

Tabel 4.1 Waktu operasi pada proses *frame*

No. Operasi	Proses <i>Frame</i>	Waktu (menit)	Waktu Aktual (menit)	Keterangan
1	Persiapan alat kerja	5.9	5.9	-
2	Pengambilan bahan baku	5.7	5.7	-
3	Pengukuran desain sesuai <i>drawing</i>	10.4	10.4	-
4	Pemotongan bahan baku	6.3	6.3	-
5	Penyetingan bahan baku	16.6	16.6	-
6	Pemeriksaan	5.4	5.4	-
7	Pengelasan <i>frame</i>	11.9	13.1	<i>Bottleneck</i>
8	Penggerindaan <i>frame</i>	13.1	15.6	<i>Bottleneck</i>
9	Proses penitikan lubang pada <i>frame</i>	10.2	12.7	<i>Bottleneck</i>
10	Pemeriksaan dan pembersihan <i>frame</i>	5.7	5.7	-
11	Pembuatan <i>fixing rail</i>	18.5	20.3	<i>Bottleneck</i>
12	Pemeriksaan <i>frame</i>	5.6	5.6	-
13	Persiapan alat kerja	11.4	11.4	-
14	Pengambilan <i>frame</i> ke ruang <i>sandblast</i>	4.2	4.2	-
15	Proses <i>sandblasting</i>	16.2	16.2	-
16	Pemeriksaan <i>frame</i>	4.6	4.6	-
17	Pembersihan <i>frame</i>	5.1	5.1	-
18	Proses <i>epoxy</i> I	6.4	6.4	-
19	Pengeringan <i>epoxy</i> I	27.5	27.5	-
20	Proses pengecatan warna hijau I	10.7	10.7	-
21	Pengeringan cat hijau I	31	31	-
22	Proses <i>epoxy</i> II	5.8	5.8	-
23	Pengeringan <i>epoxy</i> II	23.3	23.3	-
24	Proses pengecatan warna hijau II	6.4	6.4	-
25	Pengeringan cat hijau II	90.2	90.2	-
26	Pemeriksaan <i>frame</i>	5.8	5.8	-

##### 4.2 Pengolahan Data

###### 1. Pengukuran Waktu Kerja

a. Menghitung Waktu Baku; b. Faktor Penyesuaian; c. Waktu baku

Berikut ini rumus yang digunakan untuk menghitung waktu normal :  $W_n = W_s \times p$  ;

Dimana :  $W_n$ = Waktu normal;  $W_s$ = Waktu siklus;  $P$ = Penyesuaian

Tabel 4.2 Resume Pengukuran Waktu Kerja

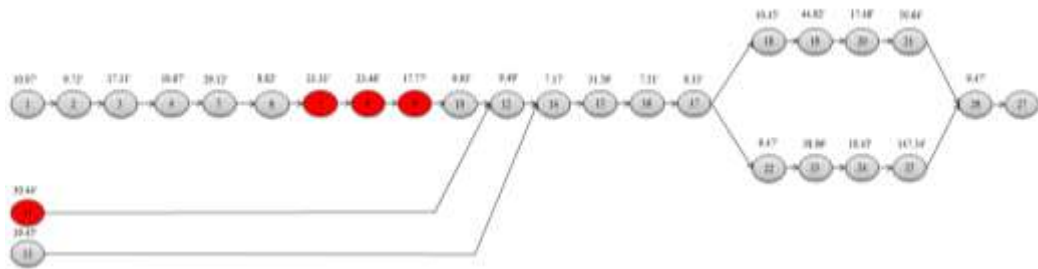
No. Operasi	$W_s$	$P$	$W_n$	$L$	$W_b$
1	5.9	1.21	7.14	0.41	10.07
2	5.7	1.21	6.90	0.41	9.72
3	10.4	1.21	12.58	0.36	17.11
4	6.3	1.21	7.62	0.40	10.67



No. Operasi	Ws	P	Wn	L	Wb
5	16.6	1.21	20.09	0.45	29.12
6	5.4	1.21	6.53	0.35	8.82
7	11.9	1.21	14.40	0.48	21.31
8	13.1	1.21	15.85	0.48	23.46
9	10.2	1.21	12.34	0.44	17.77
10	5.7	1.21	6.90	0.44	9.93
11	18.5	1.21	22.39	0.36	30.44
12	5.6	1.21	6.78	0.40	9.49
13	11.4	1.21	13.79	0.41	19.45
14	4.2	1.21	5.08	0.41	7.17
15	16.2	1.21	19.60	0.61	31.56
16	4.6	1.21	5.57	0.35	7.51
17	5.1	1.21	6.17	0.35	8.33
18	6.4	1.21	7.74	0.35	10.45
19	27.5	1.21	33.28	0.35	44.92
20	10.7	1.21	12.95	0.35	17.48
21	31	1.21	37.51	0.35	50.64
22	22	5.8	1.21	7.02	0.35
23	23	23.3	1.21	28.19	0.35
24	24	6.4	1.21	7.74	0.35
25	25	90.2	1.21	109.14	0.35
26	26	5.8	1.21	7.02	0.35

2. Keseimbangan Lini (*Line Balancing*)

1. Keseimbangan Lini suatu usaha penyeimbangan lintasan produksi terutama dalam proses produksi perakitan. terdapat 26 kegiatan operasi, dan digambarkan menggunakan *precedence diagram* proses frame gambar 4.1. seperti di bawah ini :



2. Penentuan Jumlah Stasiun Kerja

- 1) Menentukan waktu siklus (*Cycle Time*)

Waktu siklus (*cycle time*) yaitu waktu maksimal dimana produk dapat tersedia pada setiap stasiun kerja jika tingkat produksi dicapai :

$$CT = \frac{\text{Waktu produksi yang tersedia perhari (menit)}}{\text{Unit yang diproduksi perhari (unit)}}$$

Berdasarkan pengumpulan data lamanya waktu jam kerja yaitu 8 jam perhari yang setara dengan 480 menit perhari dan banyaknya jumlah unit *frame* yang diproduksi perhari yaitu sebanyak 2 unit, maka nilai CT yang didapatkan disini sebesar 240 menit.

- 2) Menghitung jumlah stasiun kerja minimum (N)

Jumlah ini merupakan waktu pengerjaan tugas total (waktu yang dibutuhkan untuk membuat produk) dibagi dengan waktu siklus.

$$N = \frac{\text{Total waktu perakitan}}{\text{Waktu Siklus (CT)}}$$

banyak stasiunkerja 3 utk proses frame waktu mak 240 menit



3. Perhitungan *line balancing* metode bobot posisi peringkat (*ranked positional weight*) Langkah-langkah untuk menyusun lintas perakitan menggunakan metoda ini adalah sebagai berikut :

- 1) Lakukan pembobotan posisi untuk tiap elemen pekerjaan. Bobot posisi merupakan jumlah waktu elemen-elemen pada rantai terpanjang mulai dari elemen tersebut sampai elemen terakhir.
- 2) Urutkan elemen pekerjaan mulai dari bobot tertinggi hingga bobot terendah (*decreasing*).

Tabel 4.3 Hasil Pengurutan Operasi dari Bobot Operasi Terbesar

No. Operasi	Operasi Pendahulu	Jalur yang terbentuk	Bobot	Waktu
1	-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	560.35	10.07
2	1	2,3,4,5,6,7,8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	550.29	9.72
3	1.2	3,4,5,6,7,8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	540.56	17.11
4	1,2,3	4,5,6,7,8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	523.45	10.67
5	1,2,3,4	5,6,7,8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	512.77	29.12
6	1,2,3,4,5	6,7,8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	483.65	8.82
7	1,2,3,4,5,6	7,8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	474.83	21.31
8	1,2,3,4,5,6,7	8,9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	453.52	23.46
11	-	11,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	432.8	30.44
9	1,2,3,4,5,6,7,8	9,10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	430.06	17.77
10	1,2,3,4,5,6,7,8,9	10,12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	412.32	9.93
13	-	13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	412.29	19.45
12	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10	12,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	402.35	9.49
14	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13	14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	392.87	7.17
15	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14	15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	385.7	31.56
16	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15	16,17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	354.14	7.51
17	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16	17,18,19,20,21,22,23,24,25,26	346.63	8.33
22	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21	22,23,24,25,26	214.81	9.47
23	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22	23,24,25,26	205.33	38.06
24	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23	24,25,26	167.27	10.45
25	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24	25,26	156.82	147.34
18	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17	18,19,20,21,26	132.97	10.45
19	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	19,20,21,26	122.51	44.92





No. Operasi	Operasi Pendahulu	Jalur yang terbentuk	Bobot	Waktu
20	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19	20,21,26	77.59	17.48
21	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20	21,26	60.11	50.64
26	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20,21,22,23,24,25	26	9.47	9.47

- 3) Melakukan pengelompokan elemen pekerjaan menjadi stasiun kerja sesuai dengan urutan bobot posisinya dengan tetap memperhatikan *precedence constraints* dan waktu siklus.

Tabel 4.4 Alokasi Operasi Kerja Pada Stasiun Kerja

Stasiun Kerja	No. Operasi	Nama Operasi Kerja	Waktu	Waktu Stasiun (St)
I	1	Persiapan alat kerja	10.07	224.54
	2	Pengambilan bahan baku	9.72	
	3	Pengukuran desain sesuai <i>drawing</i>	17.11	
	4	Pemotongan bahan baku	10.67	
	5	Penyetingan bahan baku	29.12	
	6	Pemeriksaan	8.82	
	7	Pengelasan <i>frame</i>	21.31	
	8	Penggerindaan <i>frame</i>	23.46	
	11	Pembuatan <i>fixing rail</i>	30.44	
	9	Proses penitikan lubang pada <i>frame</i>	17.77	
	10	Pemeriksaan dan pembersihan <i>frame</i>	9.93	
	13	Persiapan alat kerja	19.45	
	12	Pemeriksaan <i>frame</i>	9.49	
	14	Pengambilan <i>frame</i> ke ruang <i>sanblast</i>	7.17	
II	15	Proses <i>sandblasting</i>	31.56	178.25
	16	Pemeriksaan <i>frame</i>	7.51	
	17	Pembersihan <i>frame</i>	8.33	
	22	Proses <i>epoxy</i> II	9.47	
	23	Pengeringan <i>epoxy</i> II	38.06	
	24	Proses pengecatan warna hijau II	10.45	
	18	Proses <i>epoxy</i> I	10.45	
	19	Pengeringan <i>epoxy</i> I	44.92	
III	20	Proses pengecatan warna hijau I	17.48	207.45
	25	Pengeringan cat hijau II	147.34	
	21	Pengeringan cat hijau I	50.64	
	26	Pemeriksaan <i>frame</i>	9.47	

4. Kriteria performansi yang digunakan dalam *Line Balancing* metode *Ranked Position Weight*
- 1) Waktu menganggur (*Delay Time*)



Waktu menganggur yaitu Dimana operator atau pekerja menunggu untuk melakukan proses kerja ataupun kegiatan operasi yang selanjutnya akan dikerjakan. Selisih atau perbedaan antara *Cycle time* (CT) dan *Stasiun Time* (ST), atau CT dikurangi *Stasiun Time* (ST). Rumus yang digunakan dalam menghitung waktu menganggur adalah : Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Ranked Position Weight* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai :  $K= 3$ ;  $ST_{max}= 224,5$ ;  $ST_i= 610,24$  Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus waktu menganggur sebesar 65,00 menit.

2) Keseimbangan waktu senggang (*presentase delay time*)

Waktu senggang adalah ukuran ketidakefisienan lintas produksi yang dihasilkan oleh pekerjaan yang tidak sempurna di antara seluruh stasiun kerja. Rumus yang digunakan dalam menghitung keseimbangan waktu senggang adalah : Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Ranked Position Weight* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai :  $K= 3$ ;  $ST_{max} = 224,5$  Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus *presentase delay time* sebesar 9,03%.

3) Efisiensi stasiun kerja

Efisiensi stasiun kerja merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja ( $W_i$ ) dan waktu operasi stasiun kerja terbesar ( $W_s$ ). Efisiensi stasiun kerja dapat dirumuskan sebagai berikut :

Tabel 4.5 Perhitungan efisiensi stasiun kerja

Stasiun Kerja	ST <sub>k</sub>	ST <sub>max</sub>	%	(ST <sub>max</sub> -ST <sub>k</sub> ) <sup>2</sup>
1	224.54	224.54	100%	0.00
2	178.25	224.54	79%	2143.19
3	207.45	224.54	92%	291.99
Σ			272%	2435.18

Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Ranked Position Weight* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai :

Efisiensi	$\Sigma$ efisiensi	272% : 3 = 90.59%
rata-rata lintasan	Jumlah stasiun	
=		

4) *Smoothness Index* (SI)

*Smoothness index* (SI) adalah suatu indeks yang menunjukkan kelancaran relatif dari penyeimbangan lini perakitan tertentu. Lintas produksi yang baik adalah yang memiliki nilai *smoothness index* yang mendekati angka 0. Rumus yang digunakan dalam menghitung *smoothness index* adalah sebagai berikut : Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Ranked Position Weight* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai  $(ST_{max} -ST_k)^2 = 2435,18$ . Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus *Smoothness index* sebesar 49,35 menit.

5. Perhitungan *line balancing* metode pengurutan waktu terbesar (*largest candidate rule*)

*Largest Candidate Rule* merupakan metode heuristik yang paling sederhana. Pengelompokan elemen kerja pada stasiun kerja hanya berdasarkan waktu elemen. Langkah-langkah yang dilakukan pada metode *Largest Candidate Rule* adalah sebagai berikut :

- 1) Urutkan seluruh elemen pekerjaan berdasarkan waktu elemen mulai dari waktu elemen terbesar.



Tabel 4.5 Data waktu operasi yang sudah diurutkan dari yang terbesar

No. Operasi	Waktu (m)	Operasi
25	147.34	Pengeringan cat hijau II
21	50.64	Pengeringan cat hijau I
19	44.92	Pengeringan epoxy I
23	38.06	Pengeringan epoxy II
15	31.56	Proses sandblasting
11	30.44	Pembuatan fixing rail
5	29.12	Penyetingan bahan baku
8	23.46	Pengerindaan frame
7	21.31	Pengelasan frame
13	19.45	Persiapan alat kerja
9	17.77	Proses penitikan lubang pada frame
20	17.48	Proses pengecatan warna hijau I
3	17.11	Pengukuran desain sesuai drawing
4	10.67	Pemotongan bahan baku
18	10.45	Proses epoxy I
24	10.45	Proses pengecatan warna hijau II
1	10.07	Persiapan alat kerja
10	9.93	Pemeriksaan dan pembersihan frame
2	9.72	Pengambilan bahan baku
12	9.49	Pemeriksaan frame
22	9.47	Proses epoxy II
26	9.47	Pemeriksaan frame
6	8.82	Pemeriksaan
17	8.33	Pembersihan frame
16	7.51	Pemeriksaan frame
14	7.17	Pengambilan frame ke ruang sanblast

- 2) Untuk menempatkan elemen kerja pada stasiun kerja pertama dimulai dari elemen dengan waktu terbesar (elemen teratas pada daftar). Kemudian masukkan elemen kerja yang berada pada urutan di bawahnya.
- 3) Kriteria performansi yang digunakan dalam *Line Balancing* metode *Largest Candidat Rule*
  - a) Waktu menganggur (*Delay Time*)  
Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Largest Candidat Rule* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai :  
 $K = 3$ ;  $ST_{max} = 232,06$ ;  $ST_i = 610,24$   
Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus waktu menganggur sebesar 85,92 menit.
  - b) Keseimbangan waktu senggang (*presentase delay time*)



Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Largest Candidate Rule* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai :K = 3;  $ST_{max} = 232,06$

Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus *presentase delay time* sebesar 12,34%.

- c) Efisiensi stasiun kerja  
Efisiensi stasiun kerja merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja ( $W_i$ ) dan waktu operasi stasiun kerja terbesar ( $W_s$ ).

Tabel 4.7 Perhitungan efisiensi stasiun kerja

Stasiun Kerja	$ST_k$	$ST_{max}$	%	$(ST_{max} - ST_k)^2$
1	232.06	232.06	100%	0.00
2	210.92	232.06	91%	446.84
3	167.27	232.06	72%	4197.20
$\Sigma$			<b>263%</b>	<b>4644.05</b>

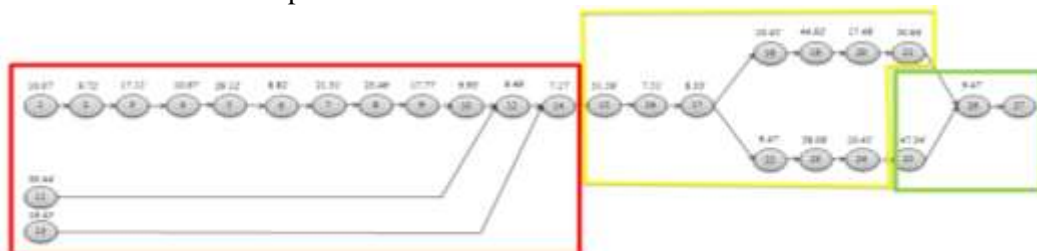
Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Largest Candidate Rule* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai :

$$\text{Efisiensi rata-rata lintasan} = \frac{\Sigma \text{efisiensi}}{\text{Jumlah stasiun}} = \frac{263\% : 3 = 87.66\%}{}$$

- d) *Smoothness Index* (SI)  
Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Largest Candidate Rule* (Helgeson Birnie) ini didapatkan nilai  $(ST_{max} - ST_k)^2 = 4644,05$ . Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus *Smoothes index* sebesar 68,15 menit.

6. Perhitungan *line balancing* metode pendekatan daerah (*region approach*)  
*Region Approach* merupakan metode heuristik yang menempatkan elemen pekerjaan pada stasiun kerja berdasarkan posisi pada *Precedence Diagram*. Elemen yang terletak lebih awal pada diagram ditempatkan lebih dulu pada stasiun kerja pertama. Langkah-langkah yang dilakukan pada metode *Region Approach* adalah sebagai berikut :

- 1) Membuat kolom-kolom atau *region* pada *precedence diagram*. Kolom 1 memuat elemen-elemen pekerjaan yang tidak memiliki *predecessor*. Kolom 2 memuat elemen pekerjaan dengan *predecessor* kolom 1 dan seterusnya. Untuk elemen kerja yang memiliki *precedence* yang identik ditempatkan dalam 1 kolom.



Gambar 4.2 Pendekatan Wilayah

- 2) Untuk mengelompokkan elemen pada stasiun kerja dimulai dengan elemen pada *region* 1. Kemudian jumlahkan waktu elemen-elemen tersebut.

- Apabila jumlah waktu tersebut masih lebih kecil dari waktu siklus, lihat waktu elemen-elemen kerja pada *region 2*.
- 3) Lakukan evaluasi dan pertukaran elemen kerja antar stasiun kerja bila perlu dan pengalokasian operasi kerja pada stasiun kerja.
  - 4) Kriteria performansi yang digunakan dalam *Line Balancing* metode *Region Approach* (Killbridge Wester).
    - a) Waktu menganggur (*Delay Time*)  
Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Region Approach* (Killbridge Wester) ini didapatkan nilai :  
 $K = 3; ST_{max} = 224,54; ST_i = 610,24$   
Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus waktu menganggur sebesar 63,38 menit.
    - b) Keseimbangan waktu senggang (*presentase delay time*)  
Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Region Approach* (Killbridge Wester) ini didapatkan nilai :  
 $K = 3; ST_{max} = 224,54$   
Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus *presentase delay time* sebesar 9,41%.
    - c) Efisiensi stasiun kerja  
Efisiensi stasiun kerja merupakan rasio antara waktu operasi tiap stasiun kerja ( $W_i$ ) dan waktu operasi stasiun kerja terbesar ( $W_s$ ).

Tabel 4.10. Perhitungan efisiensi stasiun kerja

Stasiun Kerja	ST <sub>k</sub>	ST <sub>max</sub>	%	( ST <sub>max</sub> - ST <sub>k</sub> ) <sup>2</sup>
1	224.54	224.54	100%	0.00
2	228.89	224.54	102%	18.87
3	156.82	224.54	70%	4586.83
Σ			272%	4605.70

Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan *Region Approach* (Killbridge Wester) ini didapatkan

$$\text{Efisiensi rata-rata lintasan} = \frac{\Sigma \text{efisiensi}}{\text{Jumlah stasiun}}$$

$$\frac{272\% : 3 = 90.59\%}{}$$

Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus efisiensi stasiun kerja sebesar 90,59%.

- d) *Smoothness Index* (SI)  
Berdasarkan pengolahan data *line balancing* yang dilakukan dengan metode *Region Approach* (Killbridge Wester) ini didapatkan nilai  $(ST_{max} - ST_k)^2 = 4605,70$ . Sehingga nilai yang didapatkan menggunakan rumus *Smoothness Index* sebesar 67,87 menit.

## 5. Pembahasan dan Analisis Keseimbangan Lini

Berdasarkan hasil resume dari pengolahan data *line balancing* ini, peneliti menganalisis metode Ranked Positional Weight, Largest Candidate Rule, dan *Region Approach* yang telah dihitung dengan menggunakan parameter atau pengukur yang digunakan peneliti untuk mempertimbangkan dari ketiga metode ini, seperti :

1. Delay Time

Nilai yang menunjukkan banyaknya waktu mengangur pada lini perakitan tersebut.



2. Persentase Delay Time  
Persentase dari nilai delay time, semakin besar persentasenya maka semakin buruk bagi perusahaan, karena perusahaan tidak mau perkerjanya banyak mempunyai waktu menganggur sebab akan mempengaruhi efektifitas para perkerjanya.
3. Efisiensi Rata-Rata  
Semakin besar persentase efisiensi suatu lintas perakitan, maka semakin baik lintas perakitan tersebut.
4. *Smoothing Index*  
*Smoothing Index* menggambarkan kelancaran lintas perakitan.  $Smoothing\ index = 0$  menunjukkan lintas perakitan yang sempurna.

Setelah melakukan pengolahan data line balancing dengan menggunakan metode Ranked Positional Weight, Largest Candidate Rule, dan Region Approach, maka didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 4.11 Tabel resume keseimbangan lini dengan 3 metode

Parameter	RPW	LCR	RA
Delay Time (menit)	65.00	85.92	63.38
% Delay Time	9.03%	12.34%	9.41%
Efisiensi rata-rata	90.59%	87.66%	90.59%
Smoothing Index	49.35	68.15	67.87

Dari hasil resume yang sudah didapat, dapat dikatakan bahwa metode yang tepat untuk digunakan perusahaan yaitu metode *Ranked Position Weight*. Karena pada metode ini memiliki nilai *delay time* kecil yaitu 65,00 menit, presentase *delay time* terkecil, yaitu sebesar 9,03%, nilai efisiensi yang besar yaitu 90,59%, dan nilai *smothnees index* terkecil yaitu 49,35 menit.

## 6. KESIMPULAN DAN SARAN

### 6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai analisis keseimbangan lini pada departemen *frame*, *sandblasting frame*, dan *painting frame* dalam membuat sebuah *frame* pada PT Bitzer Compressors Indonesia. Maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Setelah melakukan penelitian, faktor-faktor yang menjadi penyebab tidak efisien dan efektif pada proses *frame* tersebut yaitu adanya beban kerja yang terlalu berlebihan dapat dilihat dari banyaknya nilai *delay time* (waktu menganggur) dan *smoothness index* atau kelancaran pada lintasan perakitan dimana jika nilai *smoothness index* semakin jauh dari nilai 0 (nol) maka dapat dikatakan lintasan perakitan tersebut dan tidak lancar serta sedikitnya nilai efisiensi lintasan sangat berpengaruh karena semakin kecil nilai efisiensi lintasan tersebut maka semakin tidak efisien.
2. PT Bitzer Compressors Indonesia mempunyai waktu standar yang dibutuhkan dalam melakukan pekerjaan. Khususnya di departemen *frame*, *sandblasting frame*, dan *painting frame* dalam membuat sebuah *frame*, waktu standar ini digunakan untuk membuat sebuah *frame* dengan operasi sebanyak 26 operasi kegiatan. Dari data waktu standar tersebut peneliti melakukan pengamatan secara langsung untuk mendapatkan waktu actual sebagai pembanding, dan dari hasil pengamatan terdapat 4 (empat) operasi yang melewati dari waktu standar perusahaan. Oleh karena itu harus dilakukan rancangan usulan perbaikan lintas perakitan produksi pada pembuatan rangka (*frame*) dengan menerapkan *line balancing* metode *ranked position weight* (bobot posisi).
3. Dari ketiga metode yang telah dianalisis dan dibandingkan yaitu metode *ranked position weight* (bobot posisi), metode *largest candidat rule* (pembebanan berurut), dan metode *region approach* (pendekatan wilayah). Metode yang paling tepat untuk digunakan pada departemen *frame*, *sandblasting frame*, dan *painting frame* dalam membuat sebuah



*frame* di PT Bitzer Compressors Indonesia yaitu metode *ranked position weight* (bobot posisi), karena pada metode ini memiliki nilai *delay time* terkecil yaitu 65,00 menit, presentase *delay time* sebesar 9,03%, nilai efisiensi yang besar yaitu 90,59%, dan nilai *smoothness index* terkecil yaitu 49,35 menit.

## 6.2 Saran

1. Pada sebuah perusahaan sangat disarankan untuk menggunakan atau menerapkan keseimbangan lini (*line balancing*), serta merekrut karyawan (*engineer*) atau seorang pekerja yang berkompeten pada bidang tersebut. Karena, metode ini banyak menguntungkan bagi perusahaan jika digunakan.
2. Mengurangi faktor-faktor penyebab yang berdampak pada perakitan *frame*, seperti menerapkan keseimbangan lini pada proses pembuatan sebuah *frame*, mengerjakan pekerjaan semaksimal mungkin untuk para karyawan di PT Bitzer Compressors Indonesia.
3. Untuk mengefektifkan dan mengefisienkan lini proses pembuatan sebuah *frame* pada PT Bitzer Compressors Indonesia sangat tepat menggunakan metode *Ranked Position Weight* (*Helgeson Birnie*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Baroto, T. (2002). *Perencanaan dan Pengendalian Produksi*. Jakarta: Ghalia Indonesia.
- Gaspersz, V. (1998). *Production Planning and Inventory Control*. Jakarta: Kompas Gramedia.
- Ginting, R. (2007). *Sistem Produksi Edisi Pertama*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Gozali, L., Widodo, L., & Bernhard, M. (n.d.). Jurnal Teknik Industri, ISSN:1411-6340. Analisa Keseimbangan Lini Pada Departemen Chassis PT Toyota Motor Manufacturing Indonesia Dengan Algoritma *Ant Colony*, *Rank Positional Weight*, dan *Algoritma Genetika*, 119-126.
- Haming, M., & Nurnajamuddin, M. (2011). *Manajemen Produksi Modern Edisi Kedua*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Kusrianto, A. (2013). *Excel*. Jakarta: Prestasi Pustaka.
- Kusuma, H. (2004). *Manajemen Produksi*. Yogyakarta: ANDI.
- Marfuah, U., & Alfiat, C. N. (n.d.). Jurnal Teknik Industri Universitas Muhammadiyah Jakarta. Analisis Kebutuhan *Man Power* Dan *Line Balancing Jalur Supply Body 3 D01n* PT. Astra Daihatsu Motor Karawang *Assembly Plant* (KAP), 48-55.
- Nasution, A. H., & Prasetyawan, Y. (2008). *Perencanaan & Pengendalian Produksi*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Permana, B. (2014). *Microsoft Office 2007*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Prasetya, H., & Lukiastuti, F. (2009). *Manajemen Operasi*. Yogyakarta: Media Presindo.
- Render, B., & Heizer, J. (2001). *Manajemen Operasi*. Jakarta: Salemba Empat.
- Sutalaksana, I. Z., Anggawisastra, R., & Tjakraatmadja, J. H. (2006). *Teknik Perancangan Sistem Kerja Edisi Kedua*. Bandung: ITB.
- Team APK & E. (2006). *Petunjuk Praktikum Analisa Perancangan Kerja I*. Jakarta: UNINDRA.



## ***Benchmarking Pengembangan Unit Penilaian Kompetensi (Assessment Center)***

**Rohmatulloh, Nova Nurulita, Rr. Rizki Amalia Nurhayati, Julian Ambassador  
Shiddiq**

Sekretariat Badan Diklat Energi dan Sumber Daya Mineral  
Jl. Jend. Gatot Soebroto Kav. 49, Jakarta 12950  
Email korespondensi: rohmatulloh@diklat.esdm.go.id

### ***Abstract***

*The development of competency assessment unit requires good planning thus its presence can be beneficial for the development of competent human resources. Further, competent human resources can be used in order to achieve organizational goals. The purpose of this qualitative study is to demonstrate a method of benchmarking to draw up development plans of competency assessment unit. Benchmarking is done by government and private institutions that have steady competence assessment unit in organizing these services. The result of the research illustrates the five steps of development plans of competency assessment unit based on the characteristics and resources availability of the organization today and future. The five steps include the preparation of organization, the preparation of human resources, development and training of human resources in energy and mineral resources sector, the stabilization and independence of institutions, and the development of functions task and business.*

*Keywords: Benchmarking, units of competency assessment, assessment center*

### **1. Pendahuluan**

Sumber daya manusia (SDM) yang berkompeten memegang peran penting dalam mendukung peningkatan kinerja dan daya saing organisasi. Dewasa ini seiring dengan dinamika lingkungan strategis yang berkembang sangat cepat dan tuntutan pemangku kepentingan yang semakin tinggi untuk memecahkan permasalahan di bidangnya, maka SDM khususnya aparatur sipil negara (ASN) dipandang sebagai aset organisasi yang harus ditingkatkan kompetensi dari waktu ke waktu. Dengan diberlakukannya Undang-undang Aparatur Sipil Negara (ASN) No. 5 Tahun 2014 semakin mempertegas bahwa salah satu syarat ASN untuk menduduki suatu jabatan harus berdasarkan kompetensi, kualifikasi, kepangkatan, pendidikan dan pelatihan yang sesuai dengan jabatannya. Dengan terpenuhinya syarat tersebut diharapkan dapat memberikan layanan terbaik kepada pemangku kepentingan.

Untuk menempatkan ASN yang sesuai dengan kompetensinya, maka perlu dilakukan pemetaan dan penilaian kompetensi agar kesalahan dalam penempatan dapat dihindari. Salah satu metode yang sering digunakan untuk pemetaan dan penilaian kompetensi SDM adalah *assessment center* (AC). AC adalah proses sistematis untuk menilai keterampilan, pengetahuan, dan kemampuan individu, yang dianggap krusial bagi keberhasilan kinerja yang unggul. Metode AC merupakan salah satu metode yang memiliki tingkat akurasinya lebih tinggi dibandingkan metode yang lainnya dan banyak diterapkan oleh perusahaan swasta besar dan perusahaan milik pemerintah (BUMN) (Syahmurhamis, 2013). Berdasarkan pada hasil penelitian Craig (1989) yang diacu oleh Retiningtyas (1998) menyebutkan bahwa AC atau *multiple assessment* telah terbukti memiliki prediksi keberhasilan manajemen paling tinggi (76%) dibandingkan dengan metode *random selection* (15%) dan *appraisal* dan *interview* (35%). Retiningtyas (1998) dalam





penelitiannya juga telah menemukan bahwa metode AC yang digunakan untuk pemilihan manajer tingkat menengah pada perusahaan X telah berhasil dalam memberikan kesuksesan (tampilan kerja) setelah menduduki dalam jabatan tersebut. Karakteristik dari *multiple assessment* adalah penggunaan lebih dari satu metode (observasi, *interview*, *psychometric*, dan lain-lain), asesor paling sedikit dua asesor, kandidat atau asesi minimal enam orang, banyak dimensi kriteria kesuksesan yang dinilai, dan penerapannya juga bisa digunakan untuk rekrutmen pegawai, promosi, rencana pengembangan, identifikasi *talent*, dan penemuan kebutuhan diklat.

Penggunaan metode AC di lingkungan Kementerian ESDM telah digunakan untuk pemetaan dan penilaian kompetensi SDM dalam rangka promosi, rotasi, dan memprediksi keberhasilan ASN yang akan melanjutkan pendidikan tinggi tingkat lanjut. Namun pelaksanaan AC tidak dilakukan secara mandiri, melainkan bekerjasama dengan lembaga unit penilaian kompetensi pemerintah dan swasta. Seiring dengan upaya pengembangan tugas dan fungsi Badan Diklat ESDM dalam bidang pengembangan SDM yang lebih luas dari sekedar penyelenggaraan diklat, maka penilaian kompetensi menggunakan AC menjadi salah satu kegiatan rutin yang dilakukan setiap tahun kepada seluruh ASN pengelola sektor ESDM. Oleh karena itu pengembangan unit penilaian kompetensi merupakan solusi strategis dalam bidang pengembangan SDM agar pengelolaan ASN sektor ESDM dapat dilakukan secara mandiri, efektif dan efisien, terjamin kerahasiaannya, dan berkesinambungan.

Pengembangan unit penilaian kompetensi merupakan program inovasi yang belum ada di tahun sebelumnya. Manajemen Badan Diklat ESDM belum memiliki pengalaman dalam menjalankan program tersebut. Oleh karena itu, manajemen perlu belajar dari organisasi mitra yang telah mapan dalam mengembangkan unit penilaian kompetensi. Tujuan makalah ini adalah membahas penerapan metode *benchmarking* dalam rangka menyusun usulan program pengembangan unit penilaian kompetensi.

## 2. *Benchmarking*

American Productivity and Quality Center (APQC) menjelaskan bahwa *benchmarking* adalah alat pertama dan utama untuk perbaikan yang dicapai melalui perbandingan dengan organisasi lain yang diakui memiliki kinerja terbaik dalam bidangnya. Filosofi *benchmarking* adalah mengenali kekurangan yang kita miliki dan mengakui bahwa seseorang melakukan pekerjaan dengan baik, selanjutnya kita belajar bagaimana untuk melakukan dan mengimplementasikannya pada organisasi kita (Bhutta dan Huq, 1999). Dalam *benchmarking* kita bisa belajar mengadopsi dan mengadaptasi ide, praktek atau metode dengan seijin dari mitra *benchmarking*. *Benchmarking* dapat diterapkan untuk produk, jasa, praktek organisasi, dan secara luas untuk semua area yang kita ingin bandingkan kinerjanya (Stapenhurst, 2009).

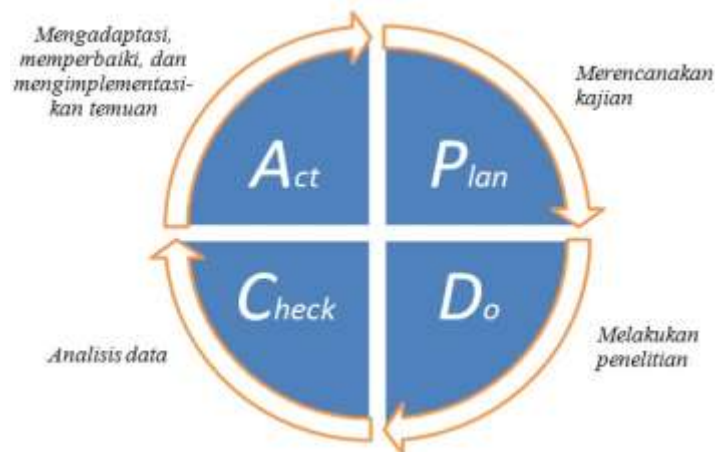
*Benchmarking* sebagai alat manajemen mutu menyeluruh (*total quality management*) telah terbukti banyak dilakukan oleh berbagai perusahaan dan organisasi publik dalam meningkatkan kinerjanya. Keberhasilan Xerox dalam menerapkan *benchmarking* yang dikelola oleh Robert Camp selalu diulas oleh berbagai peneliti dalam makalahnya. Xerox adalah perusahaan pertama yang menggunakan *benchmarking* pada tahun 1979 dan pada tahun 1989 memenangkan penghargaan Malcom Baldrige National Quality dan European Quality Award tahun 1992. Lebih dari 200 proyek *benchmarking* dilakukan Xerox ke berbagai perusahaan yang tidak sejenis, tergantung dari topik yang *benchmarking*, seperti American Express (pembayaran dan pengumpulan penerimaan), Cummins Engines dan Ford (tata letak lantai pabrik), Honda (pengembangan pemasok), Toyota (manajemen mutu), Hewlett-Packard (penelitian dan pengembangan produk), dan perusahaan lainnya. Xerox akhirnya bertransformasi dari perusahaan yang kritis menjadi perusahaan terbaik dunia di Amerika Serikat dan Eropa dalam waktu delapan tahun (Bhutta dan Huq, 1999; Stapenhurst, 2009; Mann, 2015).

*Benchmarking* memiliki ragam jenisnya tergantung dari objek dan mitra *benchmarking*. Berdasarkan objek studinya, terdapat tiga jenis *benchmarking*, yaitu proses, produk, dan strategi. Sedangkan berdasarkan mitra *benchmarking*, maka jenisnya adalah *benchmarking* internal, eksternal atau kompetitif, fungsional, dan generik (Carpinetti dan de Melo, 2002). Di samping



jenis tersebut, banyak sekali pembagian jenis *benchmarking* menurut para peneliti seperti yang telah diidentifikasi oleh Lutfullayev (n.d) dalam makalahnya. Untuk mencapai hasil yang terbaik, maka kombinasi dengan berbagai jenis *benchmarking* dapat digunakan dalam melakukan proyek *benchmarking* (Bhutta dan Huq, 1999). Dalam penentuan proyek yang akan dilakukan *benchmarking*, dapat menggunakan panduan pertanyaan untuk bahan pertimbangan manajemen. Panduan pertanyaannya adalah siapa pelanggan kita dan apa yang dibutuhkan?, apa kebijakan untuk memenuhi harapan pelanggan?, isu atau masalah strategis apa yang dihadapi organisasi?, apa faktor kesuksesannya? di mana kinerja kita yang dianggap buruk?, biaya kegagalan mutu mana yang paling mahal?, dan lainnya (Stapenhurst, 2009).

Untuk menerapkan metode *benchmarking*, terdapat beberapa tahapan atau siklus yang dikembangkan oleh para peneliti dan organisasi atau perusahaan. Jetmarova (2011), Bhutta dan Huq (1999), Ribeiro dan Cabral (2003), dan Lutfullayev (n.d) mengidentifikasi model-model tahapan *benchmarking* seperti Xerox atau Camp (1989), Kodak, Alcoa, AT&T, Spendolini, Karlof dan Ostblom (1993), Codling (1998), Andersen dan Jordan (1989), Fong, et al. (1998) dan model lainnya dengan jumlah tahapan yang bervariasi antara lima sampai dengan dua puluh satu tahapan. Biasanya tahapan yang dikembangkan disesuaikan dengan bidang kajian atau organisasi yang menerapkan sesuai dengan kebutuhannya. Namun perbedaan jumlah tahapan tersebut pada intinya sama dan jika dikelompokkan dan disederhanakan, maka hanya terdapat empat kelompok tahapan mengacu pada siklus Deming PDCA (*plan, do, check, act*) (Gambar 1). Berdasarkan siklus tersebut terlihat bahwa proses *benchmarking* merupakan kegiatan dalam rangka perbaikan terus-menerus atau berkelanjutan. Capaian kinerja yang telah diterapkan saat ini dari hasil *benchmarking* sebelumnya dapat menjadi masukan untuk melakukan *benchmarking* selanjutnya untuk mencapai kinerja selanjutnya.



Gambar 1 Siklus Generik Proses *Benchmarking*

Penelitian terdahulu penerapan metode *benchmarking* di bidang pendidikan dilakukan oleh Nurhasanah dan Deliani (2013) untuk perumusan strategi pengembangan Laboratorium Program Studi Teknik Industri Universitas Al Azhar Indonesia. *Benchmarking* dilakukan dengan lima perguruan tinggi swasta yang memiliki laboratorium teknik industri di Jakarta dan Bandung. Sementara itu, Cahyaningtyas dan Immawan (2012) menerapkan *benchmarking* internal dalam rangka meningkatkan kinerja berkelanjutan agar sesuai dengan standar yang disarankan Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN PT) pada Program Studi di lingkungan Universitas Islam Indonesia (UII). Sedangkan penerapan metode *benchmarking* pada industri diantaranya oleh Amran (2012) pada industri pembuatan komponen otomotif. *Benchmarking* internal antara pemasok bahan baku dilakukan untuk mendapatkan bahan baku yang baik sehingga komponen otomotif yang dihasilkan bermutu. Markovic, et al. (2011) melakukan kajian *benchmarking* dengan beberapa perusahaan konstruksi dari empat negara dalam rangka mengidentifikasi sistem dan indikator pengukuran kinerja perusahaan konstruksi di Brazil.

### 3. Metodologi

Mengacu pada model generik *benchmarking* PDCA di atas, maka tahapan yang dikembangkan untuk penelitian *benchmarking* rencana pengembangan unit penilaian kompetensi ini diuraikan sebagai berikut:

#### a. Perencanaan kajian

Tahap perencanaan merupakan tahapan penting yang menjadi landasan bagi kesuksesan pelaksanaan *benchmarking*. Pada tahap ini dilakukan identifikasi isu strategis yang terkait dengan rencana pengembangan tugas dan fungsi organisasi ke depan dalam pengembangan SDM yang lebih luas bukan hanya sekedar dalam bentuk diklat. Isu strategis *talent management* dengan salah satu bagiannya adalah rencana pengembangan unit penilaian kompetensi menjadi prioritas dalam proyek penelitian *benchmarking* ini. Selanjutnya mengidentifikasi aspek-aspek yang menjadi masukan untuk pengembangan unit penilaian kompetensi meliputi aspek organisasi, SDM, proses bisnis, dan sarana dan prasarana. Aspek-aspek ini selanjutnya dibuatkan panduan *benchmarking* dalam rangka mengoptimalkan kerja tim untuk proses pengumpulan data ke mitra *benchmarking*. Mitra yang dipilih menjadi sasaran *benchmarking* adalah Pusat Kajian Pusat Kajian dan Pendidikan dan Pelatihan Aparatur I dan Lembaga Administrasi Negara (PKP2A I LAN), Badan Kepegawaian Negara (BKN), dan perusahaan multinasional yang bergerak di bidang manufaktur alat transportasi berat. Seluruh kegiatan pada tahap kajian ini dilakukan melalui teknik *focus group discussion* (FGD) internal, tinjauan pustaka (laporan dan jurnal), dan penelusuran informasi melalui *website*.

#### b. Pengumpulan dan analisis data

Tim *benchmarking* melakukan penelitian menggunakan panduan untuk proses pengumpulan data kualitatif primer dan sekunder. Pengumpulan data primer dilakukan menggunakan teknik FGD dengan manajemen lembaga sasaran *benchmarking* dan pengamatan langsung sarana dan prasarannya. Untuk melengkapi hasil FGD dan pengamatan, maka dilakukan pengumpulan data sekunder dengan tinjauan pustaka (laporan dan jurnal) yang terkait dengan isu tersebut. Data kualitatif yang dikumpulkan pada tahapan kedua, selanjutnya dianalisis menggunakan analisis deskriptif. Data temuan tersebut dikelompokkan berdasarkan aspek-aspek yang dikaji untuk memudahkan proses penafsirannya. Pengumpulan data dilakukan melalui kunjungan langsung ke lembaga sasaran *benchmarking* pada bulan Mei sampai dengan bulan Juli 2015.

#### c. Penyusunan usulan pengembangan dan mengkomunikasikan kepada pemangku kepentingan

Hasil analisis temuan menjadi masukan untuk menyusun usulan program pengembangan unit penilaian kompetensi yang disesuaikan dengan karakteristik dan ketersediaan sumber daya yang dimiliki Badan Diklat ESDM saat ini dan ke depan. Usulan ini selanjutnya disampaikan kepada manajemen dalam rangka mendapatkan umpan balik untuk perbaikan usulan ini.

## 4. Hasil dan Pembahasan

### 4.1 Gambaran Singkat Mitra *Benchmarking*

*Benchmarking* pengembangan unit penilaian kompetensi berfokus pada dua lembaga pemerintah yang memberikan pelayanan pemetaan dan penilaian kompetensi bagi ASN, yaitu Bidang Penilaian Kompetensi dan Kapasitas Aparatur (PPKA) PKP2A I LAN dan Pusat Penilaian Kompetensi ASN (PPKASN) BKN, serta satu perusahaan multinasional yang bergerak di bidang manufaktur alat transportasi berat. Berdasarkan hasil FGD diperoleh gambaran bahwa lembaga tersebut mengembangkan unit penilaian kompetensi secara bertahap dalam beberapa tahun pengembangan sesuai dengan ketersediaan sumber daya yang dimilikinya pada saat itu dan pemanfaatan AC sesuai karakteristik yang menonjol pada masing-masing lembaga tersebut (Tabel 1).

PKKA memulai embrio unit penilaian kompetensi sejak tahun 2009 dengan belajar dari BKN dan memerlukan waktu selama enam tahun sampai dengan melakukan ekspansi layanannya kepada pihak eksternal LAN. Saat ini, metode penilaian kompetensi yang dikembangkan LAN tidak hanya digunakan untuk melakukan pemetaan aparatur, namun juga telah digunakan untuk mengevaluasi efektifitas penyelenggaraan diklat kepemimpinan pola baru sesuai dengan salah



satu tugas dan fungsi utama PKP2A I LAN, yaitu penyelenggaraan diklat. Sedangkan PPKASN memulai embrio pembentukan unit penilaian kompetensi sejak tahun 2001 dan pada tahun 2006 baru melakukan pembentukan unit penilaian kompetensi yang bersifat mandiri. Kedua lembaga tersebut sejak tahap embrio berupaya menyiapkan berbagai perangkat kebijakan, SDM, sarana dan prasarana, dan lain-lain dan terus menyempurnakannya hingga saat ini. PPKASN telah memfokuskan pemanfaatan metode AC untuk membangun *talent pool* jabatan pimpinan tinggi secara nasional.

Sementara itu, perusahaan multinasional alat transportasi berat adalah salah satu yang telah mapan menerapkan *talent management* (TM) sebagai bagian strategis perusahaan dalam rangka mengantisipasi dinamika perubahan bisnisnya pada tahun 2020 di lingkup domestik dan global. TM merupakan rangkaian yang saling terkait dengan AC dan *knowledge management* (KM). Tahap awal yang disiapkannya adalah standar kompetensi untuk seluruh jabatan yang ada di perusahaan. AC yang dimiliki perusahaan tersebut berada di bagian SDM dan hanya melayani untuk kebutuhan internal pegawai yang berada di pusat maupun di daerah.

Tabel 1 Perbandingan Tahap pengembangan, Tujuan, dan Pemanfaatan AC

	PPKA	PPKASN	Perusahaan multinasional
Tahap pengembangan	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Embrio sejak tahun 2009 dan pembentukan Bidang PPKA</li> <li>- Tahun 2011 masa transisi untuk menyiapkan kelembagaan, SDM, instrumen, dan kebijakan.</li> <li>- Tahun 2015 ekspansi untuk pelayanan AC eksternal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Embrio sejak tahun 2001, studi banding</li> <li>- Tahun 2005 melakukan penyiapan fasilitas, SDM dan pelatihan di Dinas Psikologi.</li> <li>- Tahun 2006 pembentukan PPK PNS</li> </ul>	-
Tujuan pembentukan unit	Untuk pemetaan pegawai internal dan eksternal	Untuk pemetaan pegawai internal dan eksternal	Pemetaan pegawai pusat dan cabang
Pemanfaatan AC lainnya	Mengukur efektifitas penyelenggaraan diklat kepemimpinan pola baru	Untuk membangun <i>talent pool</i> jabatan pimpinan tinggi (JPT) nasional	Untuk membangun <i>talent pool</i>

#### 4.2 Rencana Pengembangan Unit Penilaian Kompetensi

Berdasarkan pada pengalaman dan ide terbaik ketiga mitra di atas dalam membangun dan mengembangkan unit penilaian kompetensi, maka usulan hasil adopsi dan adaptasi tahapan pengembangan unit penilaian kompetensi sesuai dengan ketersediaan sumber daya yang dimiliki Badan Diklat ESDM saat ini dan ke depan dirumuskan seperti pada Gambar 2. Usulan tahap pengembangan unit penilaian kompetensi Badan Diklat ESDM terdiri dari lima tahap, yaitu tahap penyiapan organisasi dan kelengkapan lembaga, penyiapan SDM calon asesor dan administrasi, pembinaan dan kemandirian lembaga, pengembangan tugas dan fungsi, dan bisnis lembaga.

Tahap penyiapan dan kelengkapan organisasi merupakan tahap penting sebagai dasar bagi operasionalisasi lembaga unit penilaian kompetensi. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini terdiri dari kegiatan penyusunan nomenklatur atau penamaan lembaga, penyiapan tata laksana, dan penyiapan sarana dan prasarana. Penyusunan nomenklatur dan struktur lembaga unit kompetensi berangkat dari hasil identifikasi proses bisnis kegiatan penilaian kompetensi. Setelah proses bisnis teridentifikasi maka dapat disusun struktur, tugas, dan fungsi lembaga. Kegiatan penyiapan tata laksana untuk menjamin mutu layanan jasa AC kepada para pemangku kepentingan. Kegiatan ini meliputi penyusunan pedoman tata laksana pelaksanaan penilaian kompetensi, prosedur operasional baku pelayanan penilaian kompetensi, dan kerjasama pelayanan jasa penilaian kompetensi. Setelah kelengkapan lembaga dan tata laksana terwujud, maka unit penilaian



kompetensi perlu dilengkapi dengan sarana dan prasarana yang memadai dan sesuai dengan kebutuhan. Sarana utama untuk pelayanan jasa penilaian kompetensi meliputi ruang-ruang simulasi individu dan kelompok dan ruang rekam data yang dilengkapai dengan teknologi informasi untuk proses pemantauan dan evaluasi asesesi.

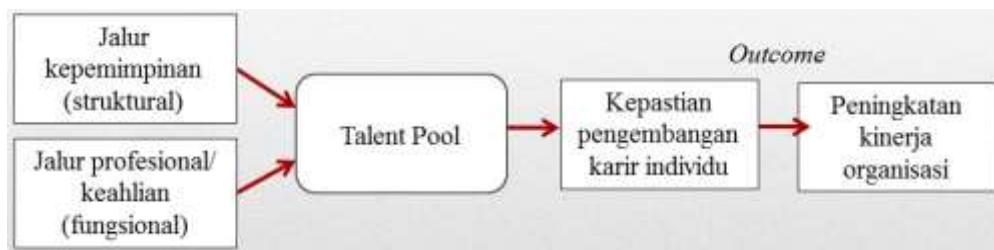


Gambar 2 Tahapan Pengembangan Unit Penilaian Kompetensi

Setelah terbentuk kelengkapan lembaga unit penilaian kompetensi, maka tahap yang paling penting adalah penyiapan SDM pengelola dan pelaksana AC. Prioritas SDM yang direkrut dan dikembangkan kompetensinya adalah SDM calon asesor dan administrasi. Pengembangan SDM asesor dan administrasi dilakukan dengan mengikutsertakan magang pada lembaga penilaian kompetensi pemerintah maupun swasta. Kesiapan kompetensi yang dimiliki asesor menjadi bekal untuk mengembangkan pada tahap selanjutnya, yaitu tahap pembinaan dan pengembangan sektor ESDM, dan tahap pemantapan dan kemandirian lembaga. Kedua tahap ini lebih berfokus pada pelayanan penilaian kompetensi SDM internal Kementerian ESDM. Hasil penilaian kompetensi ini selanjutnya dimanfaatkan oleh pengelola SDM untuk membangun sistem basis data *talent pool* dalam rangka mengakomodasi SDM yang memiliki motivasi tinggi dan berbakat. Pada tahap ini juga dilakukan pemanfaatan metode penilaian kompetensi dengan kegiatan diklat bidang ESDM. Tahap pengintegrasian metode penilaian kompetensi untuk mengevaluasi efektifitas hasil pembelajaran peserta diklat pada awal dan akhir kegiatan diklat (*pre* dan *post test*). Keberhasilan pelaksanaan pada kedua tahapan ini menjadi dasar bagi lembaga unit penilaian kompetensi ini untuk mengembangkan layanannya yang lebih luas ke seluruh pemangku kepentingan eksternal.

#### 4.3 Pemanfaatan Penilaian Kompetensi untuk Pengembangan *Talent Pool*

Kegiatan pemetaan dan penilaian kompetensi SDM bagi organisasi memiliki banyak manfaat. Salah satunya adalah untuk mengidentifikasi kebutuhan *talent* dari jalur kepemimpinan (struktural) dan profesional atau keahlian (fungsional) yang memiliki kriteria berintegritas dan komitmen, kepribadian, kompetensi, potensi yang dimiliki yang yang dapat dikembangkan. SDM dengan kualifikasi ini suatu saat dapat digunakan organisasi pada posisi jabatan dan waktu yang tepat dalam rangka mencapai visi, misi, tujuan, dan sasaran strategis organisasi yang bersifat dinamis. Ilustrasi pengembangan *talent pool* yang telah dilakukan penilaian kompetensi disajikan pada Gambar 3.



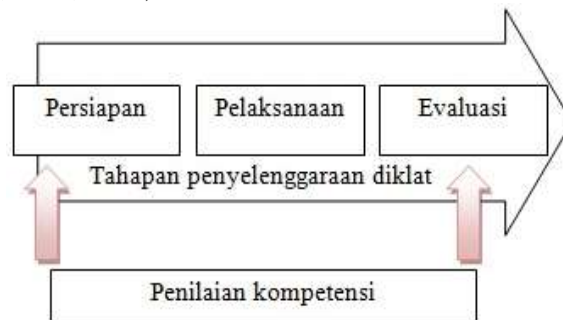
Gambar 3 Pengembangan *Talent Pool* melalui Jalur Kepemimpinan dan Profesional

Jumlah SDM potensial dalam organisasi biasanya paling banyak sekitar 6-15% dari jumlah seluruh pegawai yang diseleksi secara ketat (Berger dan Berger, 2008). SDM terpilih selanjutnya masuk ke dalam wadah *talent pool* profesional dan kepemimpinan berdasarkan pada posisi kuadran yang ditempatinya. Posisi SDM potensial dalam kuadran menjadi panduan bagi manajemen untuk memberikan intervensi program pengembangan. Berdasarkan penelitian Center for Creative dan pengamatan PPM Manajemen diperoleh gambaran bahwa program yang paling efektif adalah *on the job assignment* (70%), dibandingkan *mentoring* atau *coaching* (20%), dan diklat (10%). SDM *talent* yang telah menyelesaikan program pengembangan tersebut dapat menjadi *mentor* dan *coaching* sehingga kompetensi yang telah dimiliki akan terus terasah (Ernawati dan Wahyudi, 2011).

Database *talent pool* selalu ditinjau kembali dalam waktu dua tahun dengan melakukan kembali pemetaan dan penilaian kompetensi. Hasil pemetaan dan penilaian kompetensi ini sebagai bahan masukan bagi manajemen untuk menata kembali SDM potensial sesuai dengan kuadrannya dan memberikan program pengembangan yang sesuai. SDM yang keluar dari *talent pool* juga tetap mendapatkan program pengembangan agar ke depannya dapat masuk kembali ke dalam *talent pool* organisasi.

#### 4.4 Integrasi Penilaian Kompetensi ke dalam Sistem Penyelenggaraan Diklat

Pengembangan SDM melalui kegiatan diklat diintegrasikan dengan penilaian kompetensi dalam rangka mencapai hasil belajar yang optimal kepada seluruh peserta diklat. Ilustrasi sederhana model integrasi penilaian kompetensi ke dalam sistem penyelenggaraan diklat disajikan seperti pada Gambar 4. Integrasi penilaian kompetensi ke dalam sistem penyelenggaraan diklat terdapat tiga model, yaitu model integrasi sederhana, semi integrasi, dan integrasi penuh (Tasrin, et al., 2014).



Gambar 4 Integrasi Penilaian Kompetensi ke dalam Sistem Penyelenggaraan Diklat

Model semi integrasi dilakukan penilaian kompetensi sebanyak dua kali, yaitu sebelum dan sesudah diklat. Penilaian kompetensi sebelum diklat dapat memberikan gambaran kompetensi saat ini yang dimiliki calon peserta yang akan mengikuti diklat. Gambaran awal calon peserta ini selanjutnya dapat dikelompokkan ke dalam klaster yang memiliki kemiripan kebutuhan kompetensi peserta agar dalam pemberian intervensi dan penyusunan strategi metode pembelajaran disesuaikan dengan kebutuhan kelompok calon peserta tersebut. Setelah diklat selesai, maka dilakukan kembali penilaian kompetensi dalam rangka memberikan informasi tentang efektifitas penyelenggaraan diklat yang telah dilaksanakan. Apakah program diklat berhasil secara signifikan dalam meningkatkan kompetensi pesertanya?. Hal ini sejalan dengan upaya yang telah dilakukan Pusat dan Balai Diklat yang sedang menata evaluasi kinerja *outcome* penyelenggaraan diklat pada semua tahap, yaitu tahap evaluasi kepuasan peserta diklat, hasil pembelajaran, perubahan perilaku, dan dampak terhadap kinerja organisasi peserta diklat.

Penerapan model semi integrasi sebaiknya dilakukan setelah berhasil menerapkan model integrasi sederhana, di mana penilaian kompetensi hanya dilakukan sebelum diklat dilaksanakan. Namun model integrasi sederhana ini belum mampu memberikan gambaran seberapa besar efektifitas penyelenggaraan diklat tersebut. Setelah model semi integrasi dapat diterapkan dengan

baik, maka dapat dilakukan dengan menerapkan model integrasi penuh. Pada model integrasi penuh ini, modelnya hampir sama dengan model semi integrasi. Penilaian kompetensinya dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan sesudah diklat. Namun pada model ini peserta hanya mendapatkan materi sesuai kebutuhannya saja. Dalam model ini, hasil penilaian kompetensi menjadi masukan untuk menyusun strategi pembelajaran dan perubahan kurikulum.

## 5. Penutup

Metode *benchmarking* yang diterapkan tim pengembangan unit penilaian kompetensi telah banyak membantu memberikan gambaran keberhasilan maupun kendala yang dialami lembaga unit penilaian kompetensi lain. Berbagai pengalaman dan ide yang diperoleh tersebut, selanjutnya diadopsi dan diadaptasi oleh tim untuk usulan membangun dan mengembangkan unit penilaian kompetensi sesuai dengan karakteristik dan ketersediaan sumber daya yang dimiliki Badan Diklat ESDM saat ini dan ke depan. Usulan tahapan pengembangan yang telah dirumuskan terdiri dari lima tahap pengembangan, yaitu tahap penyiapan organisasi dan kelengkapan lembaga, penyiapan SDM calon asesor dan administrasi, pembinaan dan kemandirian lembaga, pengembangan tugas dan fungsi, dan bisnis lembaga. Setiap tahapan tersebut dirinci dalam bentuk kegiatan yang dapat ditindaklanjuti dengan melakukan proyek *benchmarking best practice* agar lebih mendalam dan dapat diimplementasikan dengan baik.

## 6. Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Sekretaris Badan Diklat ESDM atas dukungannya pada penelitian ini yang merupakan salah satu bagian program inovasi Sekretariat Badan Diklat ESDM pada tahun 2015.

## Daftar Pustaka

- Amran, T. G., 2012. Pemilihan Pemasok Komponen Otomotif dengan Analytical Hierarchy Process dan Benchmarking, *INASEA*, Vol. 13(1), pp. 34-46.
- Berger, L., & Berger, D. (2008). *The Handbook of Best Practice on Talent Management*, Penerbit PPM, Jakarta.
- Bhutta, K. S. & Huq, F., 1999. Benchmarking - Best Practices an Integrated Approach, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 6(3), pp. 254-268.
- Cahyaningtyas, A. & Immawan, T., 2012. Internal Benchmarking Program Studi di Lingkungan Universitas Islam Indonesia dalam Rangka Peningkatan Kinerja Berkelanjutan, *JOIR*, Vol. 11(1), pp. 13-21.
- Carpinetti, L. C. R., & de Melo, A. M., 2002. What to benchmark? A systematic approach and cases, *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 9(3), pp. 244-255.
- Ernawati dan Wahyudi (Editor), 2011. *Talent Management Implementation: Belajar dari Perusahaan-perusahaan Terkemuka*, Penerbit Lembaga PPM, Jakarta.
- Jetmarova, B., 2011. Comparison of Best Practice Benchmarking Models, *Problems of Management in The 21st Century*, Vol. 2, pp. 76-84.
- Lutfullayev, P., n.d. Research on Benchmarking in Higher Education: An Overview, akses online 3 Juni 2015, URL:[http://eprints.um.edu.my/2234/1/RESEARCH\\_ON\\_BENCHMARKING.pdf](http://eprints.um.edu.my/2234/1/RESEARCH_ON_BENCHMARKING.pdf).
- Mann, R., 2015. Expert Point of View Note The History of Benchmarking and Its Role in Inspiration, *Journal of Inspiration Economy*, Vol. 2(2), pp. 131-143.
- Markovic, L., Dutina, V. & Kovacevic, M., 2011. Application of Benchmarking Method in the Construction Companies, *FACTA UNIVERSITATIS Architecture an Civil Engineering*, Vol. 9(2), pp. 301-314.
- Nurhasanah, N. & Deliani, O., 2013. Strategi Pengembangan Laboratorium Program Studi Teknik Industri di Universitas Al Azhar Indonesia, *Jurnal Al Azhar Indonesia Seri Sains dan Teknologi*, Vol. 2(1), pp. 1-15.



- Retiningtyas, D. A., 1998. *Skripsi: Hubungan Antara Hasil Assessment Center dan Penilaian Tampilan Kerja Manajer Tingkat Menengah pada Perusahaan X*, Fakultas Psikologi Universitas Padjadjaran, Jatinangor.
- Ribeiro, L. M. M. & Cabral, J. A. S., 2003. A Benchmarking Methodology for Metalcasting Industry, akses online 3 Juni 2015, URL:<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/67457/2/49696.pdf>.
- Stapenhurst, T. (2009). *The Benchmarking Book: A How-to-Guide to Best Practice for Managers and Practitioners*, Elsevier, Oxford.
- Syahmurhamis, 2013. Assessment Center: Tidak Ada Matinya, *Human Capital Journal*, Vol. 24(2).
- Tasrin, K., Arisudana, I. & Respatiawan, D., 2014. *Policy Brief: Integrasi Penilaian Kompetensi ke dalam Sistem Diklat Kepemimpinan Pola Baru*, PKP2A I LAN, Jatinangor.





## **Manajemen Persediaan Bahan Baku untuk Model Persediaan Deterministik Dinamis dengan Metode Heuristik (Studi Kasus WL Alumunium)**

**Dwi Agustina Kurniawati, Arifatun Nisa**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga  
Jalan Marsda Adi Sucipto, Yogyakarta, 55281  
Telp. (0274) 589621  
E-mail: dwi.kurniawati@uin-suka.ic.id ; arifatunnisa11@gmail.com

### **Intisari**

*Persediaan merupakan aset penting dari perusahaan. Manajemen persediaan dilakukan agar dapat meminimalkan total biaya persediaan. Kapan waktu pemesanan dan berapa jumlah pemesanan harus diketahui dengan pasti agar tidak terjadi kekurangan atau kelebihan bahan baku. WL Alumunium sebagai perusahaan yang memproduksi perlengkapan rumah tangga dengan bahan baku barang bekas berbahan alumunium masih melakukan pemesanan berdasarkan perkiraan dan tidak berdasarkan perhitungan pasti kebutuhan bahan baku yang akan digunakan. Oleh karena itu dilakukan penelitian agar dapat diketahui ukuran pemesanan, titik pemesanan ulang, dan total biaya persediaan yang minimal. Berdasarkan model persediaan pada perusahaan WL Alumunium, metode penelitian yang dilakukan yaitu metode heuristik untuk model persediaan deterministik dinamis. Penelitian dilakukan dengan membandingkan hasil perhitungan antara metode Silver Meal, Least Unit Cost, dan Part Period Algorithm. Dengan metode Silver Meal dan Part Period Algorithm diperoleh jumlah bahan baku yang harus dipesan sebesar 135.282 kg dengan total biaya persediaan sebesar Rp 2.709.627.966,18. Dengan metode Least Unit Cost diperoleh jumlah bahan baku yang harus dipesan sebesar 134.652 kg dengan total biaya persediaan sebesar Rp 2.697.018.175,98. Selisih dari kedua hasil tersebut cukup signifikan dengan nilai selisih sebesar Rp 12.609.790,2. Pemesanan kembali dilakukan ketika jumlah persediaan bahan baku minimal masih 904,37 kg. Berdasarkan hasil tersebut metode persediaan yang dapat diterapkan di WL Alumunium yaitu metode Least Unit Cost.*

*Kata kunci: persediaan, bahan baku, heuristik*

### **1. Pendahuluan**

Salah satu aset termahal dari setiap perusahaan adalah persediaan. Persediaan merupakan aset termahal dari suatu perusahaan yang mewakili 50% dari keseluruhan modal yang diinvestasikan (Heizer dan Render, 2008). Suatu perusahaan tidak akan pernah mencapai suatu strategi dengan biaya yang minimum tanpa adanya manajemen persediaan yang baik. Manajemen persediaan dapat digunakan untuk menentukan keseimbangan antara investasi persediaan dan pelayanan pelanggan (Heizer dan Render, 2008). Secara umum model persediaan dapat digolongkan menjadi model deterministik dan model probablistik (Ristono, 2013). Adapun model persediaan deterministik dan probablistik dapat dibagi menjadi model dinamis dan model statis.

WL Alumunium merupakan industri kecil menengah (IKM) yang memproduksi perlengkapan rumah tangga dengan bahan baku ingot dan rongsokan berbahan alumunium. Bahan baku rongsokan berupa rongsokan panci, blok, wajan, dan kawat. Adapun bahan baku yang paling banyak digunakan yaitu ingot, rongsokan panci, dan blok. Adanya pemesanan bahan baku yang tidak terencana dan penentuan jumlah pemesanan yang tidak tepat, dapat berpengaruh terhadap biaya persediaan. Biaya persediaan akan meningkat ketika bahan baku yang dipesan berlebihan. Sedangkan jika bahan baku yang dipesan kurang, maka akan menghambat proses produksi.



Penelitian ini dimaksudkan untuk dapat menghasilkan suatu keputusan perencanaan pengendalian persediaan yang baik dan total biaya persediaan yang minimum. Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu metode heuristik yang terdiri dari metode *Silver Meal*, *Least Unit Cost*, dan *Part Period Algorithm* yang hasilnya dibandingkan.

Adapun penelitian yang dilakukan yaitu mengenai manajemen persediaan bahan baku di WL Aluminium yang merupakan model persediaan deterministik dinamis. Di mana jumlah permintaan berfluktuasi untuk setiap periodenya, namun nilainya pasti atau dapat diprediksi. Objek penelitian merupakan bahan baku berupa ingot, panci, dan blok. Penelitian ini difokuskan untuk melakukan pengendalian perencanaan persediaan bahan baku sehingga diketahui berapa jumlah yang harus dipesan dan kapan pemesanan harus dilakukan. Sehingga didapatkan total biaya persediaan yang minimal. Metode yang digunakan merupakan metode heuristik yang terdiri dari 3 metode yaitu metode *Silver Meal*, *Least Unit Cost*, dan *Part Period Algorithm*. Hasil perhitungan dengan ketiga metode tersebut dibandingkan dan diambil metode dengan hasil perhitungan total biaya persediaan yang paling kecil.

Prinsip dari metode *Silver Meal* yaitu untuk mengetahui periode pemesanan dengan menentukan periode pertama pemesanan berdasarkan periode yang memiliki total biaya persediaan yang minimal. Metode ini dapat menghasilkan interval pemesanan yang stabil dengan kuantitas pemesanan yang bervariasi. Sedangkan dengan metode *Least Unit Cost* dapat diketahui periode pemesanan yang menghasilkan total biaya persediaan per unit yang minimal dan jumlah pemesanan disesuaikan dengan jumlah pemesanan pada periode yang memiliki total biaya yang minimal tersebut. *Least Unit Cost* menghasilkan kuantitas pemesanan yang stabil dengan interval pemesanan yang bervariasi (Pujawan, 2003). Untuk metode *Part Period Algorithm* dihitung nilai EPP (*economic part period*) yang diperoleh dari biaya pemesanan dibagi dengan biaya penyimpanan per unit per periode. Jumlah pemesanan di setiap periode ditentukan dari nilai yang mendekati EPP.

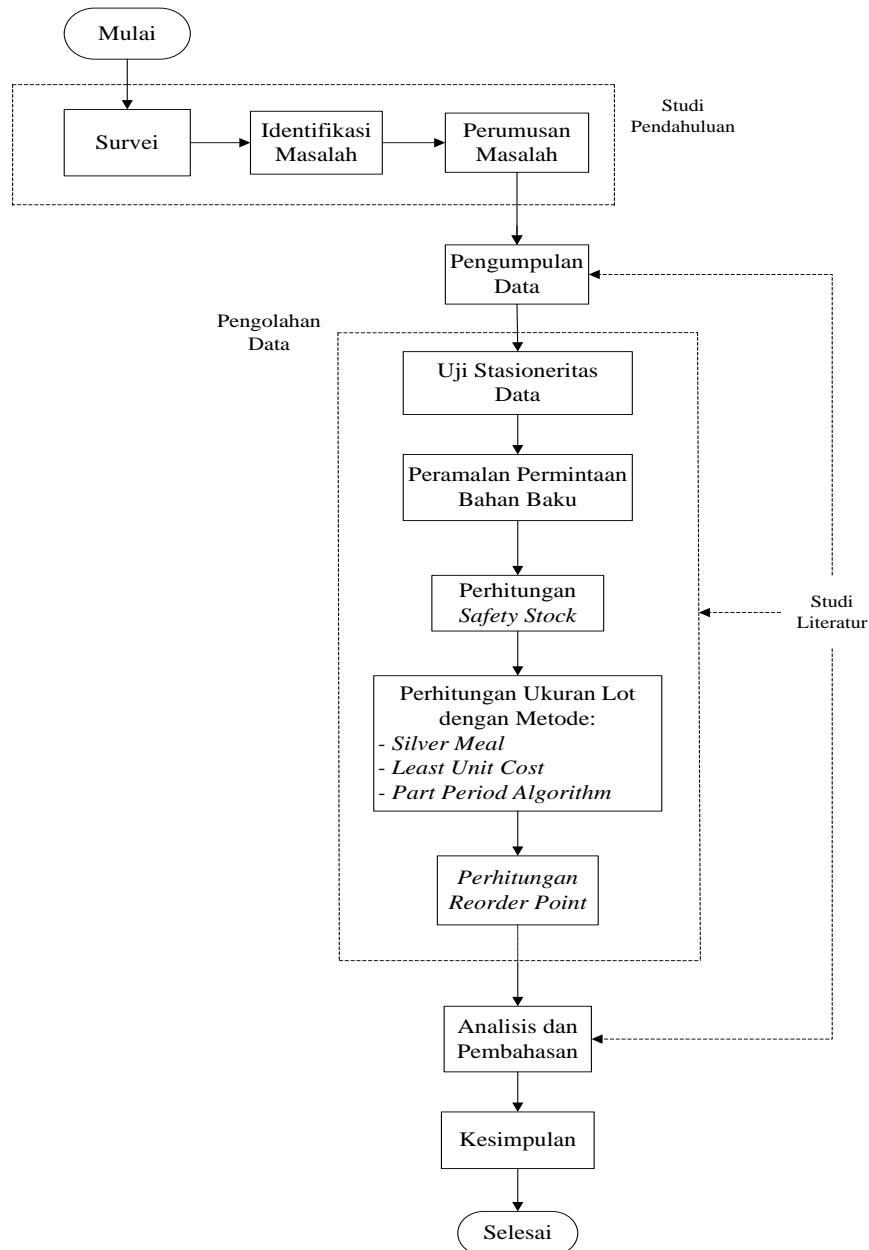
## 2. Metodologi

Objek penelitian ini merupakan bahan baku yang digunakan di WL Aluminium. Bahan baku yang diperhitungkan terdiri dari barang bekas aluminium panci, blok, dan ingot yang merupakan aluminium batangan. Data yang digunakan merupakan data jumlah kebutuhan bahan baku setiap minggu selama 6 bulan, kapasitas gudang, luas gudang, *lead time*, biaya simpan, dan biaya pemesanan.

Sebelum melakukan perhitungan dengan metode heuristik, dilakukan uji stasioneritas data terhadap jumlah kebutuhan bahan baku yang digunakan. Uji stasioneritas salah satunya dapat dilakukan dengan uji akar unit (*unit root test*) (Sun, et al., 2009). Uji yang dilakukan dalam pengujian akar unit yaitu uji *Augmented-Dickey Fuller* (ADF). Untuk pengujian ini dapat digunakan *software Eviews* (Gujarati dan Porter, 2013). Selanjutnya dilakukan peramalan untuk 6 bulan ke depan dengan menggunakan metode peramalan *Weighted Moving Average* dan *Exponential Smoothing*. Metode ini dipilih sesuai hasil pola data yang berfluktuasi. Selanjutnya yaitu menghitung *safety stock* bahan baku.

Setelah dilakukan perhitungan di atas, dilakukan perhitungan ukuran pemesanan dengan metode heuristik *Silver Meal*, *Part Period Algorithm*, dan *Least Unit Cost*. Ketiga metode ini mampu menghasilkan berapa jumlah pemesanan selanjutnya, kapan waktu pemesanan, dan berapa biaya pemesanan yang dihasilkan. Kemudian dihitung *reorder point* untuk mengetahui batas minimal persediaan yang harus ada agar tidak terjadi kekurangan bahan baku. Diagram alir penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.





Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Perhitungan ukuran pemesanan dengan menggunakan metode *Silver Meal* dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Ukuran Pemesanan dengan Metode *Silver Meal*

Bahan Baku Aluminium		A	H
		Rp 155.600,00	Rp 15,54
Gabungan Periode Trial	Total Permintaan (D)	TC	TC/t
Periode 1	5.615,42	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 1, 2*	11.221,00	Rp 242.710,71	Rp 121.355,36
Periode 1, 2, 3	16.961,82	Rp 421.135,40	Rp 140.378,47
Periode 3	5.740,82	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 3, 4*	11.467,42	Rp 244.591,36	Rp 122.295,68



Tabel 1. Hasil Perhitungan Ukuran Pemesanan dengan Metode *Silver Meal*

Bahan Baku Aluminium		A	H
		Rp 155.600,00	Rp 15,54
Gabungan Periode Trial	Total Permintaan (D)	TC	TC/t
Periode 3, 4, 5	17.097,26	Rp 419.566,79	Rp 139.855,60
Periode 5	5.629,84	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 5, 6*	1267,30	Rp 243.206,13	Rp 121.603,06
Periode 5, 6, 7	16.930,06	Rp 419.204,71	Rp 139.734,90
Periode 7	5.662,76	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 7, 8*	11.221,49	Rp 241.982,66	Rp 120.991,33
Periode 7, 8, 9	16.699,90	Rp 412.251,65	Rp 137.417,22
Periode 9	5.478,41	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 9, 10*	10.986,48	Rp 241.195,41	Rp 120.597,70
Periode 9, 10, 11	16.526,74	Rp 413.386,69	Rp 137.795,56
Periode 11	5.540,26	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 11, 12*	11.010,25	Rp 240.603,64	Rp 120.301,82
Periode 11, 12, 13	16.496,74	Rp 411.123,75	Rp 137.041,25
Periode 13	5.486,49	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 13, 14*	11.081,88	Rp 242.552,36	Rp 121.276,18
Periode 13, 14, 15	16.621,48	Rp 414.723,13	Rp 138.241,04
Periode 15	5.539,60	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 15, 16*	11.176,49	Rp 243.197,27	Rp 121.598,64
Periode 15, 16, 17	16.953,74	Rp 422.754,20	Rp 140.918,07
Periode 17	5.777,25	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 17, 18*	11.502,18	Rp 244.565,41	Rp 122.282,71
Periode 17, 18, 19	17.358,51	Rp 426.580,15	Rp 142.193,38
Periode 19	5.856,33	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 19, 20*	11.637,78	Rp 245.443,73	Rp 122.721,87
Periode 19, 20, 21	17.355,48	Rp 423.149,85	Rp 141.049,95
Periode 21	5.717,70	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 21, 22*	11.512,73	Rp 245.654,77	Rp 122.827,38
Periode 21, 22, 23	17.226,36	Rp 423.234,39	Rp 141.078,13
Periode 23	5.713,63	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Periode 23, 24*	11.197,00	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00
Keterangan : * = Optimal			

Dari tabel tersebut dapat diketahui frekuensi pemesanan dan jumlah permintaan bahan baku di setiap periode yang harus dipesan. Berikut ini rangkuman dari tahapan di atas.

Tabel 2. Permintaan Bahan Baku Metode *Silver Meal*

Pemesanan ke -	Total Permintaan (Kg)
1	11.221,00
2	11.467,42
3	11.267,30
4	11.221,49
5	10.986,48



6	11.010,25
7	11.081,88
8	11.176,49
9	11.502,18
10	11.637,78
11	11.512,73
12	11.197,00
<b>Total</b>	<b>135.282,00</b>

Frekuensi pemesanan yang harus dilakukan selama 6 bulan yaitu sebanyak 12 kali pemesanan dengan total permintaan sebesar 135.282 kg. Total biaya persediaan yang dihasilkan menggunakan metode *Silver Meal* sebesar Rp 2.709.627.966,18. Hasil perhitungan ukuran pemesanan dengan menggunakan metode *Least Unit Cost* dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 3. Perhitungan Ukuran Pemesanan dengan Metode *Least Unit Cost*

T	Demand	Cumulative Demand	Ph (k-1) Rk	Cumulative Ph	TRC (T)	TRC (T)/ Unit
1	5.615,42	5.615,42	Rp -	Rp 155.600,00	Rp 155.600,00	Rp 27,71
<b>2</b>	<b>5.605,58</b>	<b>11.221,00</b>	<b>Rp 87.110,71</b>	<b>Rp 242.710,71</b>	<b>Rp 242.710,71</b>	<b>Rp 21,63</b>
3	5.740,82	16.961,82	Rp 265.535,40	Rp 421.135,40	Rp 421.135,40	Rp 24,83
4	5.726,6	22.688,42	Rp 532.509,49	Rp 688.109,49	Rp 688.109,49	Rp 30,33
5	5.629,84	28.318,26	Rp 882.460,35	Rp 1.038.060,35	Rp 1.038.060,35	Rp 36,66
6	5.637,46	33.955,72	Rp 1.320.490,99	Rp 1.476.090,99	Rp 1.476.090,99	Rp 43,47
7	5.662,76	39.618,48	Rp 1.848.486,73	Rp 2.004.086,73	Rp 2.004.086,73	Rp 50,58
8	5.558,73	45.177,21	Rp 2.453.165,38	Rp 2.608.765,38	Rp 2.608.765,38	Rp 57,75
9	5.478,41	50.655,62	Rp 3.134.241,31	Rp 3.289.841,31	Rp 3.289.841,31	Rp 64,95
10	5.508,07	56.163,69	Rp 3.904.599,98	Rp 4.060.199,98	Rp 4.060.199,98	Rp 72,29
11	5.540,26	61.703,95	Rp 4.765.556,38	Rp 4.921.156,38	Rp 4.921.156,38	Rp 79,75
12	5.469,99	67.173,94	Rp 5.700.596,48	Rp 5.856.196,48	Rp 5.856.196,48	Rp 87,18
13	5.486,49	72.660,43	Rp 6.723.717,13	Rp 6.879.317,13	Rp 6.879.317,13	Rp 94,68
14	5.595,39	78.255,82	Rp 7.854.097,82	Rp 8.009.697,82	Rp 8.009.697,82	Rp 102,35
15	5.539,6	83.795,42	Rp 9.059.293,19	Rp 9.214.893,19	Rp 9.214.893,19	Rp 109,97
16	5.636,89	894.32,31	Rp 10.373.252,25	Rp 10.528.852,25	Rp 10.528.852,25	Rp 117,73
17	5.777,25	952.09,56	Rp 11.809.707,69	Rp 11.965.307,69	Rp 11.965.307,69	Rp 125,67



18	5.724,93	100.934,49	Rp 13.322.119,70	Rp 13.477.719,70	Rp 13.477.719,70	Rp 133,53
19	5.856,33	106.790,82	Rp 14.960.252,33	Rp 15.115.852,33	Rp 15.115.852,33	Rp 141,55
20	5.781,45	112.572,27	Rp 16.667.283,26	Rp 16.822.883,26	Rp 16.822.883,26	Rp 149,44
21	5.717,7	118.289,97	Rp 18.444.344,42	Rp 18.599.944,42	Rp 18.599.944,42	Rp 157,24
22	5.795,03	124.085,00	Rp 20.335.494,51	Rp 20.491.094,51	Rp 20.491.094,51	Rp 165,14
23	5.713,63	129.798,63	Rp 22.288.870,33	Rp 22.444.470,33	Rp 22.444.470,33	Rp 172,92
24	5.483,37	135.282,00	Rp 24.248.736,44	Rp 24.404.336,44	Rp 24.404.336,44	Rp 180,40

Dari tabel tersebut dapat diketahui frekuensi pemesanan dan jumlah permintaan bahan baku di setiap periode yang harus dipesan. Berikut ini rangkuman dari tahapan di atas.

Tabel 5. Permintaan Bahan Baku Metode  
*Least Unit Cost*

Pemesanan ke -	Total Kebutuhan (Kg)
1	11.221,00
2	11.221,00
3	11.221,00
4	11.221,00
5	11.221,00
6	11.221,00
7	11.221,00
8	11.221,00
9	11.221,00
10	11.221,00
11	11.221,00
12	11.221,00
<b>Total</b>	<b>134.652,00</b>

Frekuensi pemesanan yang harus dilakukan selama 6 bulan yaitu sebanyak 12 kali pemesanan dengan total permintaan sebesar 134.652 kg. Total biaya persediaan yang dihasilkan menggunakan metode *Silver Meal* sebesar Rp 2.697.018.175,98. Perhitungan ukuran pemesanan dengan menggunakan metode *Part Period Algorithm* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Perhitungan Ukuran Pemesanan dengan Metode *Part Period Algorithm*

Periode	Kebutuhan	Lama Disimpan	Nilai Simpan	Akumulasi Nilai Simpan
Periode 1	5.615,42	0	0	0
Periode 1, 2*	11.221	1	11.221	11.221
Periode 1, 2, 3	16.961,82	2	33.923,64	45.144,64
Periode 3	5.740,82	0	0	0
Periode 3, 4*	11.467,42	1	11.467,42	11.467,42
Periode 3, 4, 5	17.097,26	2	34.194,52	45.661,94
Periode 5	5.629,84	0	0	0
Periode 5, 6*	11.267,3	1	11.267,3	11.267,3



Tabel 6. Hasil Perhitungan Ukuran Pemesanan dengan Metode *Part Period Algorithm*

Periode	Kebutuhan	Lama Disimpan	Nilai Simpan	Akumulasi Nilai Simpan
Periode 5, 6, 7	16.930,06	2	33.860,12	45.127,42
Periode 7	5.662,76	0	0	0
Periode 7, 8*	11.221,49	1	11.221,49	11.221,49
Periode 7, 8, 9	16.699,9	2	33.399,8	44.621,29
Periode 9	5.478,41	0	0	0
Periode 9, 10*	10.986,48	1	10.986,48	10.986,48
Periode 9, 10, 11	16.526,74	2	33.053,48	44.039,96
Periode 11	5.540,26	0	0	0
Periode 11, 12*	11.010,25	1	11.010,25	11.010,25
Periode 11, 12, 13	16.496,74	2	32.993,48	44.003,73
Periode 13	5.486,49	0	0	0
Periode 13, 14*	11.081,88	1	11.081,88	11.081,88
Periode 13, 14, 15	16.621,48	2	33.242,96	44.324,84
Periode 15	5.539,6	0	0	0
Periode 15, 16*	11.176,49	1	11.176,49	11.176,49
Periode 15, 16, 17	16.953,74	2	33.907,48	45.083,97
Periode 17	5.777,25	0	0	0
Periode 17, 18*	11.502,18	1	11.502,18	11.502,18
Periode 17, 18, 19	17.358,51	2	34.717,02	46.219,2
Periode 19	5.856,33	0	0	0
Periode 19, 20*	11.637,78	1	11.637,78	11.637,78
Periode 19, 20, 21	17.355,48	2	34.710,96	46.348,74
Periode 21	5.717,7	0	0	0
Periode 21, 22*	11.512,73	1	11.512,73	11.512,73
Periode 21, 22, 23	17.226,36	2	34.452,72	45.965,45
Periode 23	5.856,33	0	0	0
Periode 23,24*	11.197	1	11.197	11.197
Keterangan : * = Optimal				

Dari tabel tersebut dapat diketahui frekuensi pemesanan dan jumlah permintaan bahan baku di setiap periode yang harus dipesan. Berikut ini rangkuman dari tahapan di atas.

Tabel 7. Permintaan Bahan Baku Metode *Part Period Algorithm*

Pemesanan ke -	Total Permintaan (Kg)
1	11.221,00
2	11.467,42
3	11.267,30
4	11.221,49
5	10.986,48
6	11.010,25



7	11.081,88
8	11.176,49
9	11.502,18
10	11.637,78
11	11.512,73
12	11.197,00
<b>Total</b>	<b>135.282,00</b>

Frekuensi pemesanan yang harus dilakukan selama 6 bulan yaitu sebanyak 12 kali pemesanan dengan total permintaan sebesar 135.282 kg.

Total biaya persediaan yang dihasilkan menggunakan metode *Silver Meal* sebesar Rp 2.709.627.966,18.

Berdasarkan perhitungan *lot sizing* menggunakan ketiga metode tersebut, dengan metode *Silver Meal* diperoleh total bahan baku yang harus dipesan selama 6 bulan yaitu sebesar 135.282 kg dengan 12 kali pemesanan. Jumlah kebutuhan bahan baku pada periode pertama yaitu sebesar 11.221 kg, periode ke-2 sebesar 11.467,42 kg, periode ke-3 sebesar 11.267,30 kg, periode ke-4 sebesar 11.221,49 kg, periode ke-5 sebesar 10.986,48 kg, periode ke-6 sebesar 11.010,25 kg, periode ke-7 sebesar 11.081,88 kg, periode ke-8 sebesar 11.176,49 kg, periode ke-9 sebesar 11.502,18 kg, periode ke-10 sebesar 11.637,78 kg, periode ke-11 sebesar 11.512,73 kg, dan periode ke-12 sebesar 11.197 kg. Dengan total biaya persediaan sebesar Rp 2.709.627.966,18.

Adapun perhitungan menggunakan metode *Least Unit Cost* diperoleh total bahan baku yang harus dipesan yaitu sebesar 134.652 kg dengan 12 kali pemesanan. Untuk jumlah pemesanan dihasilkan jumlah yang sama di setiap periodenya yaitu sebesar 11.221 kg dengan total biaya persediaan sebesar Rp 2.697.018.175,98.

Dengan metode *Part Period Algorithm* diperoleh total bahan baku yang harus dipesan sebesar 135.282 kg dengan 12 kali pemesanan. Jumlah kebutuhan bahan baku pada periode pertama yaitu sebesar 11.221 kg, periode ke-2 sebesar 11.467,42 kg, periode ke-3 sebesar 11.267,30 kg, periode ke-4 sebesar 11.221,49 kg, periode ke-5 sebesar 10.986,48 kg, periode ke-6 sebesar 11.010,25 kg, periode ke-7 sebesar 11.081,88 kg, periode ke-8 sebesar 11.176,49 kg, periode ke-9 sebesar 11.502,18 kg, periode ke-10 sebesar 11.637,78 kg, periode ke-11 sebesar 11.512,73 kg, dan periode ke-12 sebesar 11.197 kg. Dengan total biaya persediaan sebesar Rp 2.709.627.966,18.

Ketiga metode yang digunakan yaitu *Silver Meal*, *Least Unit Cost*, dan *Part Period Algorithm* menghasilkan total biaya yang sama antara *Silver Meal* dan *Part Period Algorithm*. Sedangkan untuk metode *Least Unit Cost* menghasilkan total biaya yang lebih kecil. Selisih dari kedua hasil tersebut cukup signifikan dengan nilai sebesar Rp 12.609.790,2. Selisih tersebut merupakan perhitungan untuk 6 bulan. Sehingga ketika dikalkulasikan untuk periode waktu selama 1 tahun, maka selisih total biaya yang dihasilkan antara metode *Silver Meal* dan *Part Period Algorithm* dengan metode *Least Unit Cost* yaitu sebesar Rp 25.219.580,4.

Berdasarkan hasil di atas, dapat diketahui jika frekuensi pemesanan menggunakan ketiga metode tersebut sama yaitu 12 kali pemesanan. Selain frekuensi pemesanan, hasil perhitungan dengan menggunakan metode *Silver Meal* dan *Part Period Algorithm* menghasilkan jumlah permintaan yang sama di setiap periodenya. Hal ini dikarenakan kedua metode tersebut memiliki kesamaan yaitu menghitung biaya persediaan di setiap periodenya. Pada penentuan ukuran pemesanan dengan metode *Silver Meal* ditentukan dari biaya per periode yang terkecil. Sedangkan dengan metode *Part Period Algorithm* ukuran pemesanan ditentukan dari periode yang memiliki biaya simpan yang sama atau mendekati dengan biaya pemesanan. Dalam perhitungan awal dilakukan dengan menentukan nilai EPP (*economic part period*). Nilai EPP dijadikan acuan dalam penentuan ukuran pemesanan. Adapun jumlah permintaan dengan kedua metode tersebut bervariasi di setiap periodenya.





Metode yang ketiga yaitu *Least Unit Cost*. Penentuan ukuran pemesanan dengan metode ini ditentukan dari gabungan periode yang menghasilkan nilai yang minimal. Meskipun frekuensi pemesanan sama dengan metode *Silver Meal* dan *Part Periode Algorithm*, akan tetapi total permintaan dengan metode *Least Unit Cost* lebih kecil. Jumlah permintaan di setiap periodenya konstan dan total biaya persediaan yang dihasilkan lebih kecil dari metode *Silver Meal* dan *Part Period Algorithm*.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai *safety stock* bahan baku selama 6 bulan yaitu sebesar 99,12kg.
2. Frekuensi pemesanan menggunakan metode *Silver Meal*, *Part Period Algorithm*, dan *Least Unit Cos* diperoleh hasil yang sama yaitu 12 kali pemesanan.
3. Menggunakan metode *Silver Meal* dan *Part Period Algorithm* diperoleh jumlah bahan baku yang harus dipesan sebesar 135.282 kg dan sebesar 134.652 kg dengan metode *Least Unit Cost*.
4. Pemesanan dilakukan setiap 2 minggu sekali dengan jumlah pemesanan setiap periodenya sebesar 11.221 kg.
5. Bahan baku harus dipesan kembali minimal ketika bahan baku masih 904,37 kg.
6. Total biaya persediaan untuk perhitungan menggunakan metode *Silver Meal* dan *Part Period Algorithm* yaitu sebesar Rp 2.709.627.966,18 dan menggunakan metode *Least Unit Cost* diperoleh total biaya yang lebih kecil yaitu sebesar Rp 2.697.018.175,98. Dengan selisih kedua hasil tersebut sebesar Rp 12.609.790,2.

#### Daftar Pustaka

- Gujarati, D., N., dan Porter, D, C., 2013, *Dasar-Dasar Ekonometrika*, Edisi 5, Buku 2, Diterjemahkan oleh: Carlos Mangunsong, Salemba Empat.
- Heizer, J. dan Render, B., 2009, *Manajemen Operasi*, Edisi 9, Buku 1, Diterjemahkan oleh: Sungkono, Salemba Empat, Jakarta.
- Pujawan, I., N., 2003, The Effect of Lot Sizing Rules on Order Variability, *European Journal Operational Research*, Vol. 159 pp. 617-635.
- Ristono, A., 2013, *Manajemen Persediaan*, Graha Ilmu, Yogyakarta.



## Pengendalian Persediaan Suku Cadang Mobil Menggunakan Pendekatan Inventori Probabilistik (Sebuah Studi Kasus)

**Prima Denny Sentia, Didi Asmadi, Dicky Ramadhan**

Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala  
Jalan Tengku Syech Abdur Rauf No. 7 Darussalam, Banda Aceh 23111

Telp. 0651-7552222

E-mail: primadennysentia@unsyiah.ac.id

### Intisari

*PT XYZ adalah perusahaan yang bergerak dalam bidang penjualan dan pelayanan salah satu pabrik mobil terbaik di Indonesia. Masalah yang sering dihadapi oleh perusahaan adalah pengendalian suku cadang yang tidak tepat dalam hal pengadaannya. Metode yang tepat digunakan dalam pengendalian persediaan dalam hal ini yaitu dengan pendekatan inventori probabilistik. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mendapatkan interval waktu antar pemesanan yang tepat ( $T$ ), jumlah inventori maksimum yang diinginkan ( $R$ ), ukuran lot pemesanan optimum ( $Q_0$ ), jumlah safety stock ( $SS$ ), titik pemesanan kembali ( $r$ ) dan total biaya persediaan yang minimum ( $O_T$ ) untuk dua buah sparepart yang memiliki tingkat permintaan paling besar yaitu busi dan oil filter. Model pengendalian persediaan yang digunakan adalah model  $P$  dengan karakteristik pengendalian persediaan yaitu pemesanan dilakukan menurut suatu interval waktu yang tetap ( $T_0$ ) dan ukuran lot pemesanan besarnya merupakan selisih antara inventori maksimum yang diinginkan ( $R$ ) dengan inventori yang ada pada saat pemesanan dilakukan ( $r$ ). Hasil analisis diperoleh bahwa iterasi kedua dari masing-masing suku cadang akan mendapatkan total biaya persediaan minimum.*

*Kata Kunci: Pengendalian Persediaan, Inventori Probabilistik, Model  $P$ , Total Ongkos.*

### 1. Pendahuluan

Aktivitas industri dipengaruhi oleh perencanaan produksi begitu juga dengan industri otomotif. Perencanaan produksi tersebut dibuat dengan tujuan untuk meningkatkan kinerja perusahaan agar dapat bertahan dalam persaingan di dunia industri otomotif yang semakin ketat. Semakin baik perencanaan produksi, maka akan semakin baik kinerja suatu perusahaan. Persediaan sebagai kekayaan perusahaan, memiliki peranan penting dalam operasi bisnis. Dalam pabrik (*manufacturing*), persediaan dapat terdiri dari persediaan bahan baku, bahan pembantu, barang dalam proses (WIP), barang jadi, dan persediaan suku cadang (Yamit, 2002).

Pada dasarnya pengendalian persediaan memiliki tujuan yaitu untuk meminimumkan biaya persediaan, interval waktu antar pemesanan yang tidak terlalu lambat maupun tidak terlalu cepat, jumlah lot pemesanan, *safety stock*, *reorder point* optimum, dan jumlah inventori maksimum yang ada pada gudang penyimpanan. Dalam manajemen persediaan, jika pengelolaannya kurang baik maka akan menimbulkan kondisi yang menyebabkan peningkatan biaya dalam suatu perusahaan (Bahagia, 2006)

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan swasta di Banda Aceh yang bergerak di bidang otomotif dimana perusahaan ini terdiri tiga proses bisnis didalamnya yaitu *dealer* penjualan mobil, *service* mobil dan penjualan suku cadang. Dalam mengendalikan persediaan suku cadangnya, PT. XYZ menggunakan sistem *Max-Max*, dimana *order* suku cadang terjadi setiap kali sebuah suku cadang dijual, sehingga memungkinkan untuk meminimalisir stok pengaman yang ada di gudang penyimpanan suku cadang. Selain itu, penambahan *stock* harus didasarkan



atas jumlah penjualan sejak pemesanan terakhir atau dengan menggunakan konsep “*sell one buy one*”. Pada penelitian ini suku cadang yang diteliti adalah Busi dan *oil filter* karena kedua suku cadang ini memiliki tingkat permintaan paling tinggi.

Metode yang tepat digunakan dalam pengendalian persediaan dalam hal ini yaitu dengan pendekatan inventori probabilistik dengan memperhatikan jenis-jenis suku cadang dengan tingkat kepentingan tertinggi menggunakan model P sebagai model pengendalian persediaan yang digunakan. Model P digunakan untuk menentukan pengendalian persediaannya dengan parameter-parameter perhitungan yaitu interval waktu antar pemesanan yang tetap, menghitung jumlah inventori maksimum yang diinginkan dan menentukan ukuran lot pemesanan (Bahagia, 2006). Pemilihan metode P didasarkan pada sistem *Max to Max* yang digunakan oleh PT. XYZ, dimana bila terjadi kekurangan inventori karena suku cadang telah terjual, maka pemesanan akan segera dilakukan untuk memenuhi inventori maksimum yang diharapkan.

Beberapa penelitian terkait dengan inventori probabilistik telah banyak dilakukan. Penelitian yang dilakukan sebelumnya oleh Pardede (2011), mengangkat masalah pengendalian persediaan bahan baku dengan jumlah penggunaan bahan baku dan *lead time* yang bersifat acak (probabilistik). Penelitian yang juga dilakukan oleh Sihotang (2012), mengangkat masalah pengendalian persediaan bahan baku dengan jumlah pemesanan bahan baku yang tetap setiap waktu pemesanan. Selain itu, penelitian yang dilakukan oleh Edi Junaedi, Lely Herlina dan Evi Febianti (2013), mengangkat masalah pengendalian persediaan *inventory* probabilistik dengan model P *back order*.

Berdasarkan uraian diatas, perencanaan pengendalian persediaan suku cadang dengan pendekatan inventori probabilistik menggunakan model P diharapkan menjadi bahan pertimbangan dan analisis untuk melakukan pengendalian persediaan suku cadang Busi dan *Oil filter* pada PT. XYZ.

## 2. Metodologi

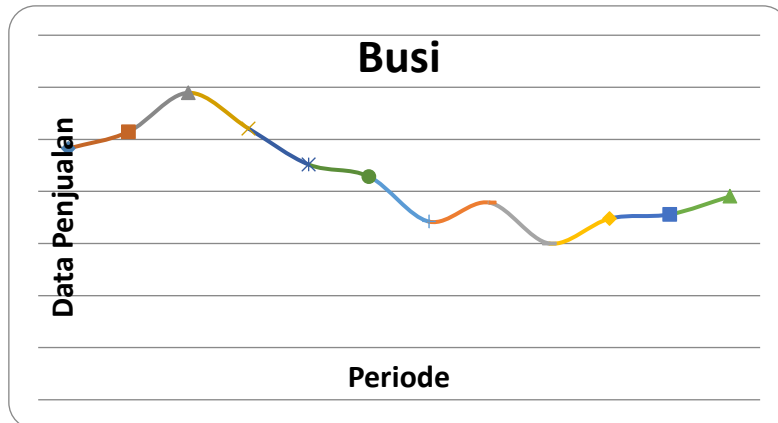
Proses penelitian dimulai dengan pengumpulan data penjualan masa lalu untuk suku cadang busi dan *oil filter*. Peramalan diperlukan untuk mengetahui estimasi permintaan untuk periode kedepan. Peramalan merupakan suatu alat bantu yang penting untuk melakukan suatu perencanaan yang efektif dan efisien, seperti peramalan terhadap tingkat permintaan suatu produk atau dalam periode waktu tertentu di masa yang akan datang (Biegel, 1992). Metode yang digunakan adalah metode *time series* karena menggunakan data masa lalu atau data-data yang berkaitan untuk menghasilkan suatu ramalan (Heizer dan Render, 2005). Pemilihan metode *time series* yang akan dilakukan berdasarkan *plotting data* yang terbentuk dari masing-masing suku cadang. Tabel 2 berikut menunjukkan data penjualan masa lalu selama 12 periode.

Tabel 1 Data Penjualan Masa Lalu Busi dan *Oil Filter*

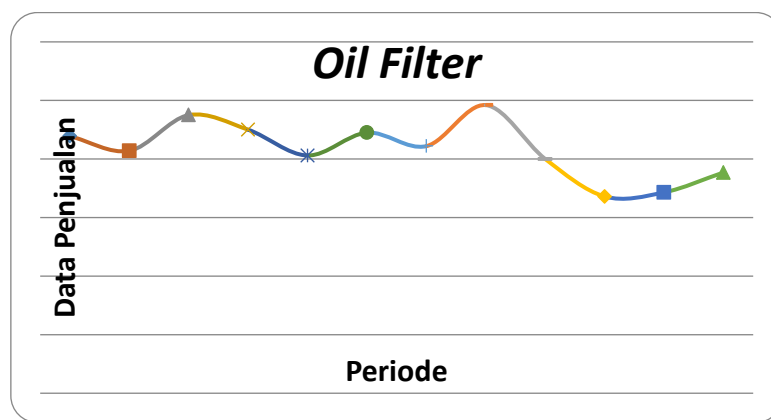
Periode Suku Cadang (Unit)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Busi	965	1029	1179	1041	903	857	684	757	600	696	712	781
<i>Oil filter</i>	439	414	475	450	406	445	422	492	400	336	343	377

Untuk mendapatkan pola data yang terbentuk, dilakukan *plotting data* pada data penjualan suku cadang pada Tabel 1. Dari pola data yang terbentuk, didapatkan metode peramalan yang akan digunakan untuk melakukan peramalan. Adapun pola data yang terbentuk untuk suku cadang Busi dapat dilihat pada Gambar 1 dan untuk suku cadang *oil filter* pada Gambar 2.





Gambar 1 Data Penjualan Busi



Gambar 2 Data Penjualan Oil Filter

Pola data yang terbentuk dari Gambar 1 dan 2 adalah pola data horizontal, maka metode peramalan yang digunakan adalah *single moving average* (SMA), *double moving average* (DMA), dan *single eksponensial smoothing* (SES).

Uji kesalahan peramalan dilakukan dengan menggunakan 4 (empat) metode uji kesalahan yaitu *mean absolute error* (MAE), *mean square error* (MSE), *standar deviation error* (SDE) dan *mean absolute percentage error* (MAPE). *Input* pada uji kesalahan peramalan adalah data hasil peramalan 12 (dua belas) periode dari metode peramalan yang digunakan untuk setiap suku cadang. Pemilihan metode terbaik didasarkan pada nilai *error* terkecil yang telah dihitung pada uji kesalahan peramalan.

Metode peramalan yang terbaik akan diuji validitas datanya menggunakan *moving range test*. *Input moving range test* adalah hasil ramalan metode terpilih untuk 12 periode dan nilai *moving range*, *region A*, *region B*, *Upper Center Line* (UCL) dan *Lower Center Line* (LCL). *Moving range test* dilakukan untuk melihat apakah data hasil ramalan untuk 12 (dua belas) periode masih berada di dalam *range* antara batas atas dan batas bawah atau tidak. Apabila tidak berada di dalam *range*, maka dipilih metode peramalan untuk nilai *error* terkecil selanjutnya dan dilakukan pengujian kembali, sedangkan apabila berada di dalam *range* maka dilanjutkan untuk proses selanjutnya yaitu melakukan peramalan untuk mendapatkan hasil peramalan 12 (dua belas) periode kedepan.

Setelah mendapatkan hasil peramalan jumlah penjualan (D) suku cadang untuk 12 periode kedepan, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan pengendalian persediaan suku cadang menggunakan pendekatan inventori probabilistik. Model pengendalian persediaan yang digunakan adalah model P dengan karakteristik pengendalian persediaan yaitu pemesanan dilakukan menurut suatu interval waktu yang tetap ( $T_0$ ) dan ukuran lot pemesanan ( $Q_0$ ) besarnya

merupakan selisih antara inventori maksimum yang diinginkan (R) dengan inventori yang ada pada saat pemesanan dilakukan (r) (Bahagia, 2006). Adapun parameter-parameter perhitungan pada model P yaitu nilai  $T_0$ , nilai  $\alpha$ , nilai R, jumlah *safety stock* (SS), titik pemesanan kembali (r) dan jumlah suku cadang yang akan dipesan pada saat pemesanan akan dilakukan ( $Q_0$ ). Data yang diperlukan untuk menghitung persediaan suku cadang Busi dan *Oil filter* menggunakan model P ditunjukkan pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2 Input Model P

Input	Busi	<i>Oil filter</i>
<i>Lead Time</i> (L)	3 hari	3 hari
Harga suku cadang per unit (p)	Rp. 25.000	Rp. 35.000
Biaya penyimpanan (h)	Rp. 291.000	Rp. 291.000
Biaya pemesanan (A)	Rp. 1.944.000	Rp. 1.944.000
Biaya kekurangan persediaan ( $C_u$ )	Rp. 50.000	Rp. 70.000

Pada model P terdapat 2 jenis rumus yaitu untuk *back order* dan *lost sales*. Pada penelitian ini, rumus yang digunakan yaitu untuk *back order* dimana rumus tersebut akan berlaku hanya bila kekurangan inventori diperlakukan dengan *back order*. Dalam hal ini pengguna mau menunggu barang yang diminta sampai tersedia di gudang. Adapun langkah-langkah beserta rumus-rumus yang digunakan adalah sebagai berikut (Bahagia, 2006):

$$T_0 = \sqrt{\frac{2A}{Dh}} \quad (1)$$

$$\alpha = \frac{Th}{C_u} \quad (2)$$

$$R = DT + DL + z_\alpha S\sqrt{T + L} \quad (3)$$

$$\text{Dimana } s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{N}} \quad (4)$$

$$SS = R - DL - TD \quad (5)$$

$$r = DL + SS \quad (6)$$

$$Q_0 = R - r \quad (7)$$

Langkah akhir dalam pengolahan data ini adalah melakukan perhitungan total biaya persediaan akhir. Tujuan untuk menghitung total biaya persediaan pada model P adalah untuk mendapatkan referensi lain dalam menghitung total biaya persediaan dan juga mendapatkan biaya persediaan minimum. *Input* yang diperlukan adalah biaya pembelian ( $O_b$ ), biaya pengadaan ( $O_p$ ), biaya penyimpanan ( $O_s$ ) dan biaya kekurangan persediaan ( $C_u$ ). Proses yang dilakukan adalah dengan cara menambahkan semua komponen biaya yang ada dalam pengendalian persediaan tersebut untuk mendapatkan total biaya persediaan minimum. Berikut ini adalah formulasi model P dengan *Back Order* (Bahagia, 2006):

$$O_T = O_b + O_p + O_s + O_k \quad (8)$$

Atau

$$O_T = Dp + \frac{A}{T} + (R - DL + \frac{DT}{2}) + \frac{C_u}{T} \int_R^\infty (z - R)f(z) dz \quad (9)$$

Total biaya persediaan tersebut akan dijadikan acuan oleh sebuah perusahaan untuk mengendalikan persediaan pada gudang penyimpanan. Perhitungan akan dilakukan dengan beberapa iterasi. Iterasi akan selesai apabila biaya persediaan yang dihasilkan lebih besar dari biaya sebelumnya



### 3. Hasil dan Pembahasan

Rekapitulasi hasil peramalan didapatkan dari perhitungan masing-masing suku cadang dengan menggunakan semua metode peramalan yang terpilih berdasarkan pola data yang terbentuk. Adapun rekapitulasi hasil peramalan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Rekapitulasi Hasil Peramalan

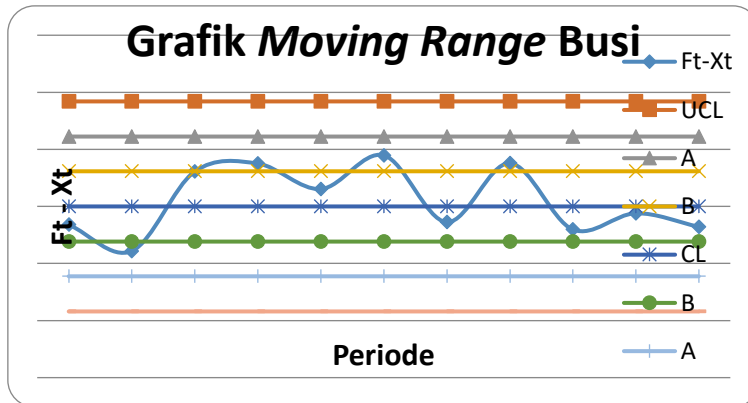
Suku Cadang	Metode Peramalan	Hasil Peramalan											
		Periode											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Busi	SMA				1057,7	1083	1041	933,7	814,7	766	680,3	684,3	669,3
	DMA				1264,5	1119	765	742	606,3	645,5	615,5	602,3	788
	SES		965	1022,6	1163,4	1053,2	918,0	863,1	701,9	751,5	615,2	687,9	709,6
Oil Filter	SMA				442,7	446,3	443,7	433,7	424,3	453	438	409,3	359,7
	DMA				471,5	489,5	376,3	421,8	445,5	492,3	429,5	251	296,8
	SES		439	416,5	469,2	451,9	410,6	441,6	423,9	485,2	408,5	343,3	343

Setelah semua metode peramalan dilakukan, perlu dilakukan perhitungan uji kesalahan peramalan. Uji kesalahan peramalan dihitung agar mendapatkan metode peramalan terpilih untuk masing-masing suku cadang dengan tingkat kepentingan tertinggi dengan nilai *error* terkecil. Metode peramalan terbaik dipilih berdasarkan nilai *error* terkecil untuk keseluruhan metode yang digunakan. Tabel 4 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan nilai *error* peramalan.

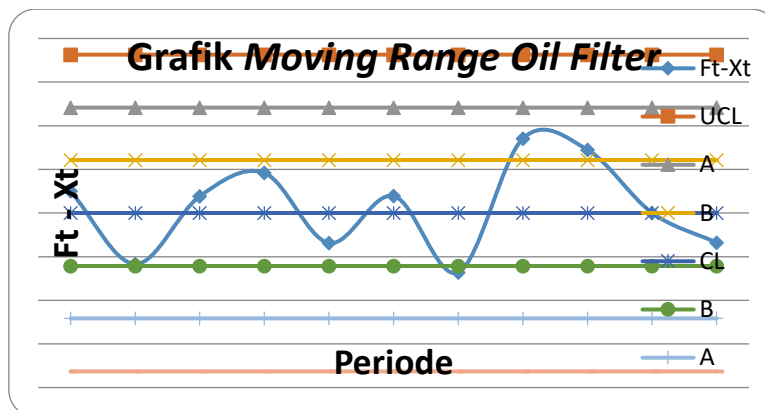
Tabel 4 Rekapitulasi Hasil Perhitungan Nilai *Error* Peramalan

Suku Cadang	Metode Peramalan	MAE	MSE	SDE	MAPE
Busi	SMA (T = 3)	112,111	19247,702	147,152	15,025
	DMA (N = 2)	109,222	16867,375	137,753	13,331
	SES ( $\alpha = 0,9$ )	101,459	12736,522	118,365	12,532
Oil filter	SMA (T = 3)	40,778	2701,194	55,126	10,658
	DMA (N = 2)	64,278	5164,417	76,223	16,589
	SES ( $\alpha = 0,9$ )	42,047	2399,135	51,372	10,189

Dari Tabel 4 diatas dapat dilihat bahwa hasil perbandingan uji kesalahan yang dilakukan menunjukkan suku cadang Busi dan *Oil filter* yang memiliki nilai *Error* terkecil adalah metode *single eksponensial smoothing* (SES). Langkah selanjutnya dilakukan uji validitas menggunakan *moving range test*. Gambar 3 dan 4 grafik *moving range* dari hasil batas kendali atas dan batas kendali bawah *moving range* suku cadang Busi dan *Oil filter*.



Gambar 3 Grafik *Moving Range Test* Suku Cadang Busi



Gambar 4 Grafik *Moving Range Test* Suku Cadang Oil filter

Dari grafik *moving range test* diatas, maka dapat disimpulkan bahwa data hasil peramalan dengan metode *single eksponensial smoothing* (SES) untuk suku cadang Busi dan *Oil filter* adalah valid sehingga akan dilanjutkan perhitungan peramalan untuk 12 periode kedepan dengan metode *single eksponensial smoothing*.

Perhitungan peramalan untuk 12 periode kedepan digunakan untuk mengetahui estimasi jumlah penjualan suku cadang. Adapun perhitungan hasil peramalan 12 periode kedepan untuk masing-masing suku cadang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Rekapitulasi Hasil Peramalan 12 Periode Kedepan

Suku Cadang	Metode Peramalan Terbaik	Hasil Peramalan												Total Demand (D)
		Periode												
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
Busi	<i>Single</i>	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774	774	9288
<i>Oil filter</i>	<i>Eksponensial Smoothing</i>	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	374	4488

Setelah mendapatkan hasil peramalan jumlah penjualan suku cadang untuk 12 periode kedepan, langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan pengendalian persediaan suku cadang menggunakan pendekatan inventori probabilistik model P. Dari hasil perhitungan persediaan suku cadang menggunakan model P, didapatkan hasil iterasi berupa parameter-parameter persediaan yaitu T, nilai R, jumlah *Safety Stock*, titik pemesanan kembali, jumlah lot



pemesanan dan biaya total persediaan. Adapun Rekapitulasi hasil perhitungan persediaan ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 6 Rekapitulasi Perhitungan Persediaan dan Total Biaya Persediaan

Suku Cadang	T (Tahun/Hari)	R(Unit)	SS(Unit)	r(Unit)	Q <sub>0</sub> (Unit)	Biaya Total (Rp)	Keterangan
Busi	0,0095/4	200	36	113	87	Rp.497.252.203,00	
	<b>0,0189/7</b>	<b>286</b>	<b>35</b>	<b>112</b>	<b>174</b>	<b>Rp. 432.191.828,00</b>	<b>Minimum</b>
	0,038/14	457	29	106	351	Rp. 456.037.317,00	
	0,057/21	624	20	97	527	Rp. 513.174.044,00	
Oil filter	0,0136/5	110	13	50	60	Rp. 334.911.558,00	
	<b>0,0273/10</b>	<b>170</b>	<b>11</b>	<b>48</b>	<b>122</b>	<b>Rp. 290.020.461,00</b>	<b>Minimum</b>
	0,0546/20	291	10	47	244	Rp. 306.133.917,00	
	0,0818/30	410	6	43	367	Rp. 346.273.469,00	

Merujuk pada Tabel 6 diatas, suku cadang Busi dan *Oil filter* akan mendapatkan total biaya persediaan minimum pada iterasi 2. Pada suku cadang Busi memiliki interval waktu antar pemesanan optimal (T) selama 0,0189 tahun atau sama dengan 7 hari per pemesanan, jumlah lot pemesanan (Q<sub>0</sub>) 174 unit dengan jumlah penjualan (D) dalam 12 periode yaitu 9288 unit, jumlah maksimum inventori yang diinginkan (R) pada gudang penyimpanan dalam interval waktu 7 hari berjumlah 286 unit, jumlah *safety stock* (SS) yaitu 35 unit, dan jumlah suku cadang yang ada di gudang pada saat pemesanan dilakukan (r) berjumlah 112 unit dengan total biaya optimal yang dihasilkan yaitu Rp. 432.191.828,00.

Suku cadang *Oil filter* memiliki interval waktu antar pemesanan optimal (T) selama 0,0273 tahun atau sama dengan 10 hari per pemesanan, jumlah lot pemesanan (Q<sub>0</sub>) 122 unit dengan jumlah penjualan (D) dalam 12 periode kedepan yaitu 4488 unit, jumlah maksimum inventori yang diinginkan (R) pada gudang penyimpanan dalam interval waktu 10 hari berjumlah 170 unit, jumlah *safety stock* (SS) yaitu 11 unit, dan jumlah suku cadang yang ada di gudang pada saat pemesanan dilakukan (r) berjumlah 48 unit dengan total biaya optimal yang dihasilkan yaitu Rp. 290.020.461,00.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan dan pembahasan dapat disimpulkan bahwa:

1. Metode yang direkomendasikan untuk melakukan perhitungan peramalan terhadap data demand suku cadang Busi dan *Oil filter* adalah metode *single eksponensial smoothing* (SES) berdasarkan pola data yang terbentuk yaitu pola data horizontal.
2. Estimasi total biaya persediaan minimum yang dihasilkan dalam 12 (dua belas) periode kedepan didapat pada iterasi kedua yaitu untuk suku cadang Busi sebesar Rp. 432.191.828,00 dan *Oil filter* sebesar Rp. 290.020.461,00.

Adapun saran yang dapat diberikan dari hasil penelitian ini adalah perusahaan dapat mengaplikasikan model pengendalian persediaan yang tepat, sesuai dengan kondisi pengendalian suku cadang yang dilakukan oleh pihak perusahaan dengan harapan dapat mengurangi biaya persediaan yang dihasilkan. Namun demikian, tingkat ketersediaan suku cadang juga harus





diperhatikan agar optimum sehingga kepuasan pelanggan dapat terus terjaga. Oleh karena itu pihak perusahaan perlu memperhatikan parameter interval waktu pemesanan yang dihasilkan melalui model P karena parameter tersebut merupakan parameter yang sangat penting pada pengendalian persediaan menggunakan model P.

#### **Daftar Pustaka**

- Bahagia, N.S. 2006. *Sistem Inventori*. Penerbit Institut Teknologi Bandung. Bandung.
- Biegel, J. E. 1992. *Pengendalian Produksi, Suatu Pendekatan Kuantitatif*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Heizer, J. dan Render, B. 2005. *Manajemen Operasi Edisi Ketujuh*. Salemba Empat. Jakarta.
- Junaidi, E., Herlina, L., dan Febianti, E. 2013. Perencanaan Inventori Bahan Baku SPM Dengan Model P Back Order. *Jurnal Teknik Industri*, Vol.1, No.4 pp.304-308.
- Pardede, M. 2012. Tugas Akhir. *Perencanaan Pengendalian Persediaan Bahan Baku Yang Optimum Dengan Menggunakan Metode EOQ Probabilistik Pada PT. Apindowaja Ampuh Persada*. Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Sihotang, R, 2012. Tugas Akhir. *Pengendalian Persediaan Bahan Baku Model Persediaan Probabilistik Dengan Sistem Kuantitas Pemesanan Tetap Pada PT. Central Proteina Prima, Tbk Medan*. Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Yamit, Z., 2002. *Manajemen Produksi dan Operasi*. Penerbit Ekonisia. Yogyakarta.



## **Alokasi Risiko Proyek Infrastruktur Dengan Skema Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU) : Suatu Tinjauan Literatur**

**Yudhitya Maharani Ristian Palupie, Hari Agung Yuniarto**

Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jl Grafika 2, Yogyakarta, 55281  
(0274) 521673  
Email : yudhitya.palupie@gmail.com

### **Intisari**

*Penyediaan infrastruktur merupakan pendorong pertumbuhan ekonomi suatu negara. Dalam pelaksanaan penyediaan infrastruktur, kebutuhan investasi infrastruktur sangat besar. Di berbagai negara, adanya keterbatasan pendanaan untuk penyediaan infrastruktur menyebabkan pemerintah harus meningkatkan peran swasta untuk berinvestasi dalam penyediaan infrastruktur. Keterlibatan swasta dalam penyediaan infrastruktur dikenal dengan Kerjasama Pemerintah dan Badan Usaha (KPBU). Dalam skema KPBU, alokasi risiko antara pemerintah dan pihak swasta menjadi faktor penting dalam kesuksesan proyek infrastruktur. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis alokasi risiko pada proyek infrastruktur dengan skema KPBU pada penelitian – penelitian sebelumnya. Metode penelitian yang dilakukan yakni studi literatur mengenai alokasi risiko pada proyek KPBU. Pada penelitian ini, penulis membahas berbagai risiko dalam KPBU yang dapat dialokasikan kepada pemerintah, swasta, atau ditanggung bersama oleh kedua pihak. Dari hasil studi literatur terdapat 23 jenis risikodalam proyek infrastruktur dengan skema KPBU. Adapun sepuluh risiko utama yang harus dialokasikan dengan tepat antara lain: (1) risiko finansial dan ekonomi; (2) risiko desain dan konstruksi; (3) risiko operasional dan pemeliharaan; (4) risiko politik; (5) risiko force majeure; (6) Risiko hukum dan kebijakan; (7) risiko pendapatan; (8) risiko lingkungan; (9) risiko kegagalan proyek/kontrak; dan (10) risiko pengadaan tanah. Dari 10 risiko tersebut, risiko yang dialokasikan kepada pemerintah antara lain risiko politik, risiko hukum, dan risiko pengadaan tanah. Pihak swasta menanggung risiko desain dan konstruksi, risiko operasional dan pemeliharaan, dan risiko pendapatan. Risiko yang harus ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta antara lain risiko finansial, risiko force majeure, risiko lingkungan, dan risiko gagalnya proyek/kontrak.*

*Kata kunci :Alokasi Risiko, Infrastruktur, Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha*

### **1. Pendahuluan**

Indonesia merupakan negara ekonomi terbesar ke-16 dengan nilai Produk Domestik Bruto (PDB) pada tahun 2015 mencapai USD 861,9 Milyar (worldbank.org, 2016). Pemerintah Indonesia telah merencanakan untuk masuk ke dalam negara kategori *high income country* pada tahun 2025. Namun hal ini bergantung pada perkembangan penyediaan infrastruktur di Indonesia. Menurut *World Economic Forum* (2014), peringkat daya saing global Indonesiapada tahun 2014 – 2015 menempati peringkat 34 dari 114 negara. Di tahun sebelumnya, Indonesia menempati peringkat 38, artinya Indonesia naik 4 tingkat dari posisi sebelumnya. Peningkatan daya saing ini berbanding sejajar dengan prospek pertumbuhan ekonomi. Cara yang paling tepat untuk meningkatkan daya saing adalah pembangunan infrastruktur. Infrastruktur sebagai konektivitas antar pusat pertumbuhan merupakan pendorong adanya pertumbuhan ekonomi.

Sesuai dengan sasaran pembangunan infrastruktur tahun 2015 – 2019, Indonesia membutuhkan total kebutuhan investasi infrastruktur sebesar Rp 4.975,6 triliun. Dana yang dimiliki Pemerintah sebesar Rp 1.978,6 triliun yang terdiri dari Anggaran Pendapatan dan Belanja



Negara (APBN) sebesar Rp 1.433,3 triliun dan Anggaran Pendapatan dan Belanja Daerah (APBD) sebesar Rp 545,3 triliun. Untuk mengatasi adanya gap pendanaan sebesar Rp 2.817 triliun, Pemerintah Indonesia memerlukan sumber dana alternatif seperti dari BUMN dan Swasta (Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional / Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2014)

Salah satu upaya yang telah dilakukan Pemerintah untuk meningkatkan peran swasta dalam penyediaan infrastruktur adalah melalui Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU) atau yang lebih dikenal dengan *Public- Private Partnership* (PPP). KPBU adalah kerjasama antara pemerintah dan badan usaha dalam penyediaan infrastruktur untuk kepentingan umum yang sebagian atau seluruhnya menggunakan sumber daya badan usaha dengan memperhatikan pembagian risiko di antara para pihak. (Peraturan Presiden No 38 Tahun 2015). Sesuai dalam Peraturan Presiden No 38 Tahun 2015, badan usaha adalah Badan Usaha Milik Negara, Badan Usaha Milik Daerah, badan usaha swasta yang berbentuk Perseroan Terbatas, badan hukum asing, atau koperasi. KPBU merupakan alternatif pola pembiayaan bagi pemerintah selain menggunakan APBN/APBD untuk penyediaan infrastruktur. Dalam pola ini, terdapat pembagian risiko serta pendapatan dari pengoperasian fasilitas dengan periode waktu yang cukup panjang.

Pembagian risiko dalam implementasi proyek KPBU memegang peranan yang cukup penting. Pada tahap penyiapan proyek KPBU, alokasi risiko menjadi substansi analisis risiko dalam studi kelayakan proyek. Dalam saat transaksi proyek KPBU, kewajiban Penanggung Jawab Proyek Kerjasama (PJPK) dalam perjanjian KPBU perlu memenuhi prinsip alokasi risiko. Alokasi risiko secara kontraktual yang optimal berbanding lurus dengan *value for money* yang maksimal. (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2016)

## 2. Metodologi

*Paper* ini disusun berdasarkan hasil kajian kritis terhadap artikel – artikel penelitian tentang skema PPP, KPBU, dan alokasi risiko proyek infrastruktur. Penelusuran literatur terutama untuk mengkaji lebih mendalam mengenai alokasi risiko pada proyek KPBU/PPP dimana sumber rujukan utama berasal dari jurnal pada website *Scencedirect*, *Emeraldinsight*, dan *IEEE Xplore*, sedangkan rujukan pendukung berasal dari *textbook*, bahan paparan, dan sumber *online*.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU)

Pelaksanaan skema KPBU atau skema PPP telah dikenal di berbagai negara dengan berbagai proyek infrastruktur. Di India, skema PPP mulai dilaksanakan sejak pertengahan tahun 2000an dan sejak saat itu investasi infrastruktur oleh swasta terus meningkat. Australia memiliki proporsi pembiayaan infrastruktur swasta yang tinggi melalui dana pensiun yang disalurkan melalui dana infrastruktur yang dikelola secara eksternal. Sedangkan untuk negara Inggris, pada tahun 2012 lebih dari 85% investasi dibiayai sebagian atau sepenuhnya oleh swasta. Meskipun demikian, pemerintah Inggris memainkan peranan penting dalam penyediaan infrastruktur melalui perencanaan, regulasi harga, dan keterlibatan dalam berbagai mekanisme pembiayaan yang dirancang untuk mendorong investasi infrastruktur swasta. (Chong dan Poole, 2013).

Grimsey dan Lewis (2004) telah merangkum pelaksanaan skema PPP di berbagai negara di Eropa. *The Sofia Water dan Wastewater Concession Project* merupakan proyek pertama antara Pemerintah Bulgaria dengan *International Water* sebagai sektor swasta dengan perjanjian kontrak KPBU selama 15 tahun yang dimulai pada tahun 2000. Pemerintah Yunani telah *launching* program PPP pada tahun 2000 dengan membuat PPP unit dan membangun proyek Spata Airport dan Athens Ringroad. Sejak tahun 2000, jalan tol di Prancis yang telah *launching* dengan skema PPP antara lain The Tunnel Prado – Carrenage, Millau Viaduct, A19, dan A28. Dibandingkan ketiga negara tersebut, Finlandia telah memulai proyek PPP lebih awal yaitu proyek The Helsinki-Lahti Motorway pada tahun 1997. Pelaksanaan PPP juga telah dilaksanakan di negara China dengan proyek pembangunan kereta api perkotaan (Tong-yin et al, 2011)

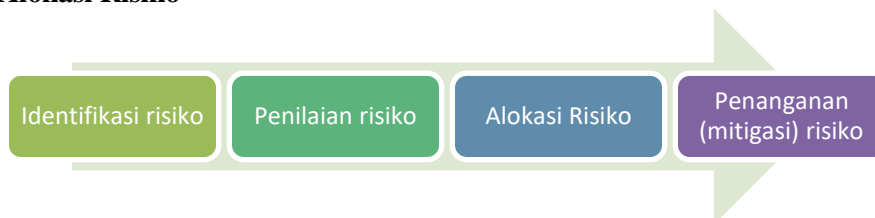


Skema KPBU atau PPP mulai dikenal di Indonesia pada tahun 2005, sejak diterbitkannya Peraturan Presiden No 67 Tahun 2005 tentang Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur. Penyediaan infrastruktur adalah kegiatan yang meliputi pekerjaan konstruksi untuk membangun atau meningkatkan kemampuan infrastruktur dan atau kegiatan pengelolaan infrastruktur dan atau pemeliharaan infrastruktur dalam rangka meningkatkan kemanfaatan infrastruktur. Yang dimaksud dengan infrastruktur adalah fasilitas teknik, fisik, sistem, perangkat keras, dan lunak yang diperlukan untuk melakukan pelayanan kepada masyarakat dan mendukung jaringan struktur agar pertumbuhan ekonomi dan sosial masyarakat dapat berjalan dengan baik. (Peraturan Presiden No 38, 2015). Infrastruktur yang dapat dikerjasamakan berdasarkan Peraturan Presiden ini adalah infrastruktur ekonomi dan infrastruktur sosial. Jenis infrastruktur ekonomi dan infrastruktur sosial mencakup: transportasi, jalan, sumber daya air dan irigasi, air minum, sistem pengelolaan air limbah terpusat, sistem pengelolaan air limbah terpusat setempat, sistem pengelolaan persampahan, telekomunikasi dan informatika, ketenagalistrikan, minyak dan gas bumi dan energi terbarukan, konservasi energi, fasilitas perkotaan, fasilitas pendidikan, fasilitas sarana dan prasarana olahraga, serta kesenian, kawasan, pariwisata, kesehatan, lembaga pemasyarakatan, dan perumahan rakyat.

Dalam kurun waktu 10 tahun, pelaksanaan kerjasama masih dirasakan belum efektif, sehingga pemerintah terus menerus melakukan perbaikan hingga mengganti peraturan tersebut dengan Peraturan Presiden No 38 Tahun 2015. Peraturan baru ini diharapkan dapat mengatasi kendala utama dalam KPBU yaitu kurangnya minat pihak swasta untuk berinvestasi. Beberapa penyebab kurangnya minat swasta untuk berinvestasi antara lain : (1) modal yang dibutuhkan oleh investor terlalu besar dengan risiko yang sangat tinggi; (2) proyek yang ditawarkan untuk dikerjasamakan memiliki kelayakan finansial yang kurang diminati investor; (3) kurangnya persiapan yang matang dari suatu proyek, (4) lemahnya monitoring proyek – proyek KPBU sehingga banyak yang terbengkalai (Kementerian Keuangan, 2012); (5) kegagalan memahami risiko sejak awal proyek. (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2016);

Sebuah KPBU yang kuat mengalokasikan tugas, kewajiban, dan risiko antara pemerintah dan swasta secara optimal (Asian Development Bank). Pemerintah memiliki peran dalam proses pengadaan badan usaha untuk memilih mitra swasta yang akan melaksanakan pembangunan proyek infrastruktur, serta memberikan dukungan/insentif untuk meningkatkan kelayakan finansial. Pihak swasta bertanggung jawab dalam tahapan proyek pembangunan dan/atau melaksanakan operasionalisasi serta pemeliharaan sesuai dengan kontrak kerjasama. Selain itu, untuk memberikan kepastian bagi investor dan meningkatkan kelayakan investasi, pemerintah melalui PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia berkontribusi dalam pelaksanaan proyek KPBU dengan cara memberikan penjaminan. (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2016).

### 3.2. Alokasi Risiko

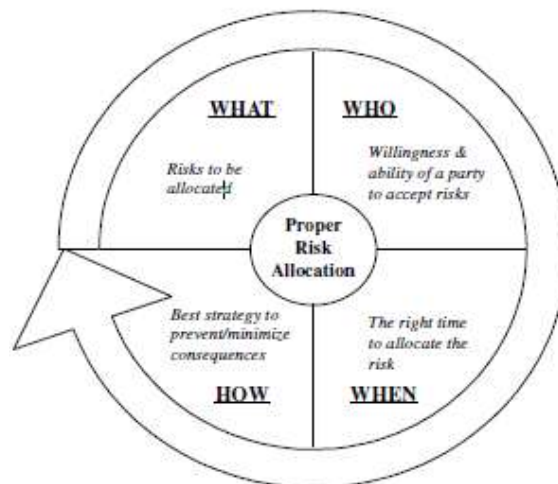


Gambar 1 Tahapan manajemen risiko dalam KPBU (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2016).

Tahapan manajemen risiko dalam KPBU ditunjukkan pada Gambar 1. (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2016). Alokasi risiko merupakan tahapan ketiga dalam manajemen risiko. Tahapan pertama yaitu identifikasi risiko yang merupakan proses sistematis dan terus menerus dalam memahami, mengidentifikasi, mengklasifikasi potensi risiko yang terkait proyek (Bajaj et al, 1997). Tahapan kedua yaitu penilaian risiko yang merupakan proses evaluasi kemungkinan,

dampak, dan nilai risiko dapat mempengaruhi keberhasilan proyek (Ameyaw dan Chan, 2015). Tahap terakhir yaitu penanganan (mitigasi) risiko yaitu upaya untuk mengurangi kemungkinan terjadinya dan dampak risiko.

Prinsip yang lazim diterapkan untuk alokasi risiko adalah bahwa “risiko sebaiknya dialokasikan kepada pihak yang relatif lebih mampu mengelolanya atau dikarenakan memiliki biaya terendah untuk menyerap risiko tersebut”. Jika prinsip ini diterapkan dengan baik, diharapkan dapat menghasilkan premi risiko yang rendah dan biaya proyek yang lebih rendah (PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia, 2016). Strategi alokasi risiko tidak hanya menentukan pihak mana yang memiliki kemampuan terbaik menerima risiko, waktu yang paling tepat dan solusi alternatif juga harus dipertimbangkan untuk memastikan alokasi risiko yang tepat. Konsep alokasi risiko yang tepat ditunjukkan pada Gambar 2. (Abednego, 2006).



Gambar 2. Konsep Alokasi Risiko yang tepat (Abednego, 2006)

Dalam identifikasi risiko, Grimsey dan Lewis (2002) menyatakan bahwa setidaknya ada sembilan risiko yang dihadapi dalam proyek infrastruktur yakni : (1) risiko teknis; (2) risiko konstruksi; (3) risiko operasi; (4) risiko pendapatan; (5) risiko finansial; (6) risiko *force majeure*; (7) risiko politik; (8) risiko lingkungan; (9) kegagalan proyek

Penelitian mengenai alokasi risiko proyek PPP telah dilakukan oleh Tong-yin et al (2011) dengan mengevaluasi risiko utama dalam proyek pembangunan kereta api perkotaan di China. Adapun risiko utama tersebut antara lain : (1) risiko lingkungan makro; (2) risiko ekonomi; (3) risiko hukum; (4) risiko konstruksi; dan (5) risiko operasional.

Nur Wulan (2005, dalam Abednego, 2006) mengklasifikasikan risiko pada proyek pembangunan jalan tol di Indonesia ke dalam 7 kategori antara lain : (1) risiko politik; (2) risiko konstruksi; (3) risiko operasi dan pemeliharaan; (4) risiko kontrak; (5) risiko pendapatan; (6) risiko finansial; dan (7) risiko *force majeure*.

Penelitian lain yang dilakukan oleh Bing et al (2005) yang mengidentifikasi risiko pada proyek PPP di United Kingdom dan mengklasifikasikan risiko ke dalam tiga level yaitu level makro, level meso, dan level mikro. Penelitian yang dilakukan Bing et al juga membahas strategi alokasi risiko. Risiko yang dialokasikan kepada pemerintah antara lain risiko politik, risiko pengadaan tanah, risiko pengambilan keputusan yang salah oleh pemerintah, risiko nasionalisasi, dan risiko pemerintahan yang tidak stabil. Risiko yang harus dialokasikan kepada pihak swasta antara lain risikoperubahan pajak, risiko desain, risiko inflasi, risiko finansial, risiko perubahan permintaan. Risiko *force majeure* dan risiko perubahan kebijakan menjadi risiko yang harus ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta.

Shen et al (2006) telah mengidentifikasi 13 kategori risiko yang dapat mempengaruhi kinerja pada proyek Hongkong Disneyland Theme Park. Dalam proyek tersebut, risiko yang dialokasikan kepada pemerintah terkait dengan risiko pengadaan tanah, risiko hukum dan kebijakan, serta

adanya mitra swasta yang tidak berpengalaman. Pihak swasta menanggung risiko konstruksi, operasional, dan aksi industri. Risiko pengembangan, risiko perubahan kondisi pasar, risiko finansial, risiko lingkungan, serta *force majeure* menjadi risiko yang harus ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta.

Mekanisme alokasi risiko telah diusulkan oleh Xu et al (2011) untuk membantu pemerintah dan swasta agar mencapai alokasi yang lebih adil dan mengurangi waktu dan biaya kontrak. Xu et al mengidentifikasi 11 risiko dari 9 proyek dengan skema PPP di Cina. Risiko yang dialokasikan kepada pemerintah yaitu risiko politik, risiko hukum, risiko kredit, dan risiko kurangnya dukungan infrastruktur, sedangkan pihak swasta menanggung risiko teknis. Risiko yang harus ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta yaitu risiko terjadinya inflasi, risiko perubahan kondisi pasar, risiko harga produk. Ketiga risiko lain bergantung pada spesifik keadaan proyek yakni risiko perubahan permintaan pasar, risiko kontrak, dan risiko finansial.

Hasil studi literatur mengenai alokasi risiko dalam proyek infrastruktur dengan skema KPBU di atas, dapat disajikan dalam Tabel.1. berikut ini :

Tabel.1. Pemetaan Alokasi Risiko dalam Proyek Infrastruktur dengan Skema KPBU (Hasil studi literatur)

No	Risiko	Grimsey dan Lewis (2002)	Tong yin et al (2011)	Nur Wulan (2005, dalam Abednego 2006)	Bing et al (2005)	Shen et al (2006)	Xu et al (2011)
1	Risiko finansial dan ekonomi	√	√	√	√	√	√
2	Risiko desain dan konstruksi	√	√	√	√	√	
3	Risiko operasional dan pemeliharaan	√	√	√		√	
4	Risiko politik	√		√	√		√
5	Risiko <i>force majeure</i>	√		√	√	√	
6	Risiko hukum dan kebijakan		√		√	√	√
7	Risiko pendapatan	√		√	√		√
8	Risiko lingkungan	√	√			√	
9	Risiko kegagalan proyek/kontrak	√		√			√
10	Risiko pengadaan tanah				√	√	
11	Risiko teknis	√					√
12	Risiko perubahan kondisi pasar					√	√
13	Risiko inflasi				√		√
14	Risiko dukungan infrastruktur						√



No	Risiko	Grimsey dan Lewis (2002)	Tong yin et al (2011)	Nur Wulan (2005, dalam Abednego 2006)	Bing et al (2005)	Shen et al (2006)	Xu et al (2011)
15	Risiko nasionalisasi				√		
16	Risiko pemerintahan yang tidak stabil				√		
17	Risiko pengambilan keputusan yg salah				√		
18	Risiko perubahan tarif pajak				√		
19	Risiko aksi industri					√	
20	Risiko harga produk						√
21	Risiko mitra swasta tidak berpengalaman					√	
22	Risiko pengembangan					√	
23	Risiko kredit						√

Sepuluh risiko utama dalam proyek infrastruktur dengan skema KPBU sesuai yang ditunjukkan pada Tabel.1. dapat diuraikan sebagai berikut ini:

1. Risiko finansial adalah risiko keuangan yang timbul dari aliran pendapatan dan biaya pendanaan yang tidak memadai (Grimsey dan Lewis, 2002), sedangkan risiko ekonomi mencerminkan risiko peningkatan biaya yang disebabkan oleh pengaruh kondisi ekonomi misalnya kenaikan tingkat inflasi, perubahan suku bunga(Tong-yin et al,2011). Selain itu, Nur Wulan (2005, dalam Abednego 2006) menyebutkan bahwa risiko finansial meliputi devaluasi, perubahan kebijakan moneter, dan keterbatasan modal.Menurut Bing et al (2005) risiko finansial dialokasikan kepada pihak swasta, sedangkan menurut Shen et al (2006), risiko finansial dapat ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta. Risiko finansial juga dapat bergantung pada spesifik keadaan proyek (Xu et al, 2011).
2. Risiko konstruksi merupakan risiko akibat terjadinya kerusakan pada saat konstruksi, kenaikan biaya dan keterlambatan dalam proses konstruksi (Grimsey dan Lewis, 2002). Termasuk di dalamnya risiko pasokan bahan konstruksi dan risiko kegagalan oleh kontraktor (Tong-yin et al,2011). Risiko desain yang tidak memenuhi spesifikasi juga merupakan risiko konstruksi.(Nur Wulan 2005, dalam Abednego 2006). Menurut Bing et al (2005), risiko kontruksi dialokasikan sepenuhnya kepada pihak swasta. Pihak swasta bertanggung jawab atas risiko desain dan konstruksi seperti biaya dan waktu, kualitas kinerja yang buruk, faktor risiko lain yang berkaitan dengan desain dan konstruksi( Shen et al,2006).
3. Berbagai jenis risiko operasional pada masa operasi sebelum proyek ditransfer ke pemerintah (Tong-yin et al, 2011) yang meliputi kenaikan biaya operasional dan biaya pemeliharaan (Grimsey dan Lewis, 2002), dan ketidakmampuan operator, kualitas dan kondisi proyek yang dibangun (Nur Wulan 2005, dalam Abednego 2006). Menurut Shen et al (2006), risiko operasional selama operasi proyek akan mempengaruhi profitabilitas proyek dan biasanya ditanggung oleh pihak yang bertanggungjawab untuk operasional dan pemeliharaan proyek. Dengan demikian, risiko ini dialokasikan kepada pihak swasta.
4. Nur Wulan (2005, dalam Abednego 2006) menyebutkan bahwa risiko politik antara lain adanya penghentian kerjasama/ konsesi, peningkatan pajak, kenaikan tarif yang tidak sesuai. Selain itu, adanya pergantian pemerintahan yang menyebabkan kebijakan baru (Grimsey dan



- Lewis, 2002). Menurut Bing et al (2005) risiko politik dialokasikan kepada publik/pemerintah. Hal ini dikarenakan pemerintah memiliki kemampuan untuk mengendalikan risiko tersebut ((Xu et al, 2011).
5. Menurut Grimsey dan Lewis (2002) dan Nur Wulan (2005, dalam Abednego 2006) yang termasuk dalam risiko *force majeure* antara lain : bencana alam, perang, dan kondisi cuaca. Menurut Bing et al (2005) dan Shen et al (2006) semua pihak memiliki tanggung jawab untuk berbagi konsekuensi sehingga mekanisme ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta menjadi pilihan terbaik.
  6. Risiko hukum dan kebijakan menurut Tong-yin et al (2011) merupakan dampak hukum dalam proyek kerjasama, dan harus ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta (Bing et al,2005). Sedangkan, menurut Shen et al (2006), Pemerintah merupakan pihak yang dapat menangani risiko tersebut. Hal ini dikarenakan Pemerintah memiliki kekuatan untuk membangun dan mengontrol risiko hukum (Xu et al, 2011).
  7. Grimsey dan Lewis (2002) menyebutkan bahwa risiko pendapatan berkaitan dengan kurangnya atau gagalnya jumlah permintaan yang menyebabkan kurangnya pendapatan. Contohnya yang disebutkan Nur Wulan (2005, dalam Abednego 2006) pada proyek jalan tol yaitu ketidakakuratan perkiraan volume kendaraan dan perkiraan tarif jalan tol. Risiko ini menurut Bing et al (2005) dan Xu et al (2011) dialokasikan kepada pihak swasta yang menjalankan bisnis dalam proyek tersebut.
  8. Tong-yin et al (2011) menyebutkan bahwa risiko lingkungan dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak dari stabilitas lokasi proyek. Dampak yang dimaksud merupakan dampak lingkungan yang berbahaya dan merugikan (Grimsey dan Lewis 2002). Menurut Shen et al (2006), risiko lingkungan dibagi antara kedua belah pihak yakni pemerintah dan swasta.
  9. Nur Wulan (2005, dalam Abednego 2006) menyebutkan bahwa risiko kegagalan proyek/kontrak salah satunya adalah dokumen kontrak tidak konsisten. Sedangkan menurut Grimsey dan Lewis (2002) kegagalan proyek adalah gagalnya proyek akibat risiko – risiko proyek yang tidak tertangani dengan baik. Menurut Xu et al (2011) risiko ini harus ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta.
  10. Bing et al (2005) menyebutkan bahwa risiko pengadaan tanah lebih baik diberikan kepada pihak public/pemerintah karena pemerintah memiliki kekuatan hukum untuk memastikan ketersediaan tanah untuk proyek. Pemerintah juga bertanggung jawab untuk memastikan akuisisi tanah (Shen et al, 2006).

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil literatur mengenai berbagai risiko dalam proyek infrastruktur dengan skema KPBU di atas, sepuluh risiko utama yang harus dialokasikan dengan tepat antara lain: (1) risiko finansial dan ekonomi; (2) risiko desain dan konstruksi; (3) risiko operasional dan pemeliharaan; (4) risiko politik; (5) risiko *force majeure*; (6) Risiko hukum dan kebijakan; (7) risiko pendapatan; (8) risiko lingkungan; (9) risiko kegagalan proyek/kontrak; dan (10) risiko pengadaan tanah. Dari 10 risiko tersebut, risiko yang dialokasikan kepada pemerintah antara lain risiko politik, risiko hukum, dan risiko pengadaan tanah. Pihak swasta menanggung risiko desain dan konstruksi, risiko operasional dan pemeliharaan, dan risiko pendapatan. Risiko yang harus ditanggung bersama antara pemerintah dan swasta antara lain risiko finansial, risiko *force majeure*, risiko lingkungan, dan risiko gagalnya proyek/kontrak.

Untuk penelitian selanjutnya, dapat dilakukan studi literatur yang lebih mendalam dan mengaplikasikannya pada suatu proyek di sektor infrastruktur yang lain misalnya di sektor perumahan.





### Daftar Pustaka

- Abednego, M.P., dan Ogunlana, S.O., 2006, Good Project Governance for Proper Risk Allocation in Public – Private Partnership in Indonesia, *International Journal of Project Management*, Vol. 24, pp. 622 - 634
- Ameyaw, E.E., dan Chan, A.P.C., 2015, Risk Ranking and Analysis in PPP Water Supply Infrastructure Projects: An International Survey of Industry Experts, *Journal Emerald*, Vol.33 No 7, pp.428-453
- Asian Development Bank, 2008, *Public-Private Partnership Handbook*, Asian Development Bank, Manila.
- Bajaj, D., Oluwoye, J., dan Lenard, D., 1997, An Analysis of Contractors' Approach to Risk Identification in New South Wales, Australia, *Construction Management and Economics*, Vol.15 No.4, pp. 363 – 369
- Bing, L., Akintoye, A., Edwards, P.J., dan Hardcastle, C., 2005, The Allocation of Risk in PPP/PFI Construction Project in The UK, *International Journal of Project Management*, Vol. 23, pp. 25 - 35
- Chong, S., dan Poole, E., 2013, *Financing Infrastructure : A Spectrum of Country Approach*, Reserve Bank of Australia.
- Grimsey, D., dan Lewis, M.K., 2002, Evaluating The Risks of Public Private Partnership for Infrastructure Projects, *International Journal of Project Management*, Vol.20 No.2, pp. 107 – 118.
- Grimsey, D., dan Lewis, M.K., 2004, Public Private Partnership
- Kementerian Keuangan, 2012, Info Risiko Fiskal, Dukungan Kelayakan Proyek Kerjasama (Viability Gap Fund – VGF) Solusi Atas Kemandegan KPS?, akses online 22 September 2016, URL : <http://www.djppr.kemenkeu.go.id/uploads/files/ebook/6228/index.html#p=1>
- Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional / Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, 2014, Rancangan Awal Rencana Pembangunan Jangka Menengah Nasional 2015 – 2019 Buku I Agenda Pembangunan Nasional, akses online 15 Februari 2016, URL: <http://www.bppk.go.id/public/upload/unit/sesma/files/Buku%20I%20RPJMN%202015-2019.pdf>,
- PT Penjaminan Infrastruktur Indonesia., 2016, *Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha (KPBU) di Indonesia : Acuan Alokasi Risiko*, edisi 7., Jakarta
- Shen, L., Platten, A., Deng, X.P., 2006, Role of Public Private Partnership to Manage Risks in Public Sector Projects in Hong Kong, *International Journal of Project Management*, pp 587-594
- Tong-yin, H., Wei, H., dan Ying-hua, S., 2011, Risk Evaluation of Public-Private Partnership Projects of Urban Rail Transit Based on Fuzzy Comprehensive Evaluation Method, *Proceeding of the 2011 International Conference on Management and Service Science*
- World Economic Forum, 2014, *The Global Competitiveness Report 2014 – 2015*, akses online 6 Februari 2016, URL: <http://www.weforum.org>.
- Worldbank.org, 2016, Indonesia, akses online 22 Juli 2016, URL: <http://www.worldbank.org/en/country/indonesia>.
- Xu, Y.L., Yang, Y.F., Chan, A.P.C., Yeung, J.F.Y., dan Cheng, H., 2011, Identification and Allocation of Risks Associated with PPP Water Projects in China, *International Journal of Strategic Property Management*, Vol.15 No.3, pp. 275 - 294
- \_\_\_\_\_, 2015, Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 38 Tahun 2015 Tentang Kerjasama Pemerintah dengan Badan Usaha dalam Penyediaan Infrastruktur, akses online 15 Februari 2016, URL: <https://www.ekon.go.id/hukum/download/1870/1310/perpres-nomor-38-tahun-2015.pdf>.



## **Analisis Kualitas Pelayanan Jasa Rawat Inap Non Vip Pada Rumah Sakit Umum Zainal Abidin Banda Aceh**

**Sarika Zuhri, Ilyas, Khalida**

Prodi Teknik Industri, Jurusan Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala

Darussalam, Banda Aceh 23111, Telp. (0651) 7552222

Email : sarika89zuhri@gmail.com

### **Intisari**

*Rumah Sakit Umum Zainal Abidin (RSUZA) Banda Aceh merupakan rumah sakit Pemerintah Aceh yang mempunyai peran sangat strategis dan penting untuk pelayanan kesehatan kepada masyarakat Aceh. Pemerintah Aceh telah mendorong agar RSUZA dapat memberikan pelayanan yang optimal dan bermutu sehingga dapat memuaskan masyarakat. Namun demikian masih ditemukan banyaknya keluhan masyarakat pengguna layanan kesehatan di RSUZA, seperti ketidak nyamanan pasien ruang inap Non VIP, keterbatasan kapasitas ruang inap Non VIP, kebersihan, jam kunjung tamu yang tidak disiplin, keramahan dokter dan perawat dengan pasien dan waktu kunjung dokter yang tidak tepat waktu. Penelitian ini bertujuan untuk mengukur kualitas pelayanan jasa rawat inap Non VIP pada RSUZA Banda Aceh. Penelitian ini menggunakan metode servqual dan Quality Function Deployment (QFD). Instrumen penelitian yang berhasil dikumpulkan sebanyak 72 kuesioner melalui teknik purposive sampling. Diagram pareto digunakan untuk memperoleh 21 atribut (technical response) yang diusulkan, sedangkan atribut 1 sampai 12 mempunyai nilai persentase 81,86% dan menjadi prioritas dalam usulan perbaikan kualitas pelayanan jasa rawat inap Non VIP RSUZA Banda Aceh. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelatihan dan training dalam pelaksanaan pelayanan medis menjadi rekomendasi usulan perbaikan dengan prioritas utama.*

*Kata Kunci : Rumah Sakit, Kualitas Pelayanan, Servqual, Quality Function Deployment, Diagram Pareto*

### **1. Pendahuluan**

Kualitas pelayanan merupakan salah satu faktor penting didalam sebuah perusahaan atau organisasi. Banyak studi yang mengemukakan bahwa kualitas pelayanan yang baik dapat memberikan kepuasan kepada pelanggannya (Yaacob, et al., 2011) serta dapat meningkatkan loyalitas pelanggan (Wazzan, 2007). Pelayanan kesehatan merupakan salah satu elemen penting dalam kehidupan manusia (Yaacob, et al., 2011). Salah satu sarana pelayanan kesehatan yang berperan memberikan pelayanan kepada masyarakat adalah rumah sakit. Sebagai salah satu bagian dari industri jasa khususnya di dunia kesehatan, rumah sakit juga berupaya meningkatkan kualitas dalam hal penyediaan fasilitas, pelayanan dan kemandirian (Lou, 1995). Pelayanan kesehatan pada rumah sakit secara umum dapat diketahui dari penampilan profesional tenaga medis, efisiensi dan efektivitas pelayanan serta kepuasan pasien. Kepuasan pasien ditentukan berdasarkan pelayanan administrasi, dokter, perawat, makanan, obat – obatan, sarana peralatan, fasilitas dan lingkungan fisik (Liu, 2000).

Agar dapat mewujudkan dan mempertahankan kepuasan pelanggan, manajemen rumah sakit harus mampu mengidentifikasi siapa pelanggannya, memahami ekspektasi yang diinginkan pelanggan, mengatur strategi kualitas pelayanan dan memahami umpan balik yang diperoleh dari kepuasan pelanggan (Tjiptono, 2005).



Rumah Sakit Umum Zainal Abidin (RSUZA) Banda Aceh merupakan rumah sakit pemerintah tingkat kelas I di Aceh. Rumah Sakit ini juga merupakan rumah sakit yang mempunyai peran strategis dan penting untuk pelayanan kesehatan kepada masyarakat Aceh. Menurut pernyataan salah satu pihak manajemen rumah sakit, pemerintah Aceh telah mendorong agar RSUZA dapat memberikan pelayanan yang optimal dan bermutu sehingga dapat memuaskan masyarakat. Peran serta yang telah dilakukan pemerintah Aceh dalam meningkatkan mutu rumah sakit antara lain dengan dukungan finansial seperti meningkatkan fasilitas rumah sakit dalam peralatan medis serta tenaga medis.

Namun, berdasarkan pengamatan dan survei secara langsung yang dilakukan oleh peneliti masih ditemukan banyaknya keluhan masyarakat Aceh khususnya ruang inap Non VIP terhadap pelayanan pada RSUZA. Hal ini antara lain seperti ketidaknyamanan pasien ruang inap Non VIP, keterbatasan kapasitas ruang inap Non VIP, kebersihan ruangan, jam kunjung tamu yang tidak disiplin, waktu kunjungan dokter yang tidak tepat waktu dan prosedur administrasi yang masih sangat lamban. Saat ini, upaya yang dilakukan pihak manajemen RSUZA untuk meningkatkan mutu dan pelayanan rumah sakit adalah dengan membuat standar operasional, monitoring dan melakukan pengendalian berdasarkan pengaduan pasien sebagai acuan kepuasan pelayanan rumah sakit. Namun pada kenyataannya, keluhan masyarakat pengguna layanan kesehatan Non VIP masih sering terjadi dan berulang seperti sebuah siklus ketidakpuasan pelayanan pasien.

Untuk memenuhi ekspektasi pasien maka perlu dilakukan perbaikan kualitas pelayanan dengan menentukan atribut kebutuhan dan menghitung gap antara pelayanan yang diberikan dengan harapan pelanggan (Parasuman, Berry, & Zeithaml, 1990). Shieh, Wu, & Huang (2010) mengidentifikasi tujuh kriteria kualitas pelayanan menggunakan DEMATEL, hasil penelitian menunjukkan kepercayaan dan kompetensi tenaga medis menjadi kriteria penting pada salah satu rumah sakit di Taiwan. Selain itu, analisis regresi digunakan untuk memperoleh karakteristik organisasi dan kualitas pelayanan karyawan merupakan faktor penentu yang paling signifikan dalam pelayanan jangka panjang rumah sakit (Kim & Han, 2012). Sedangkan (Liu, 2000) menganalisis tujuh dimensi SERVQUAL dan manajemen mutu obat pada rumah sakit di China, tim manajemen rumah sakit harus memperhatikan anggaran biaya rumah sakit untuk alokasi dana sehingga dapat meningkatkan kualitas pelayanan agar sesuai dengan ekspektasi pasien.

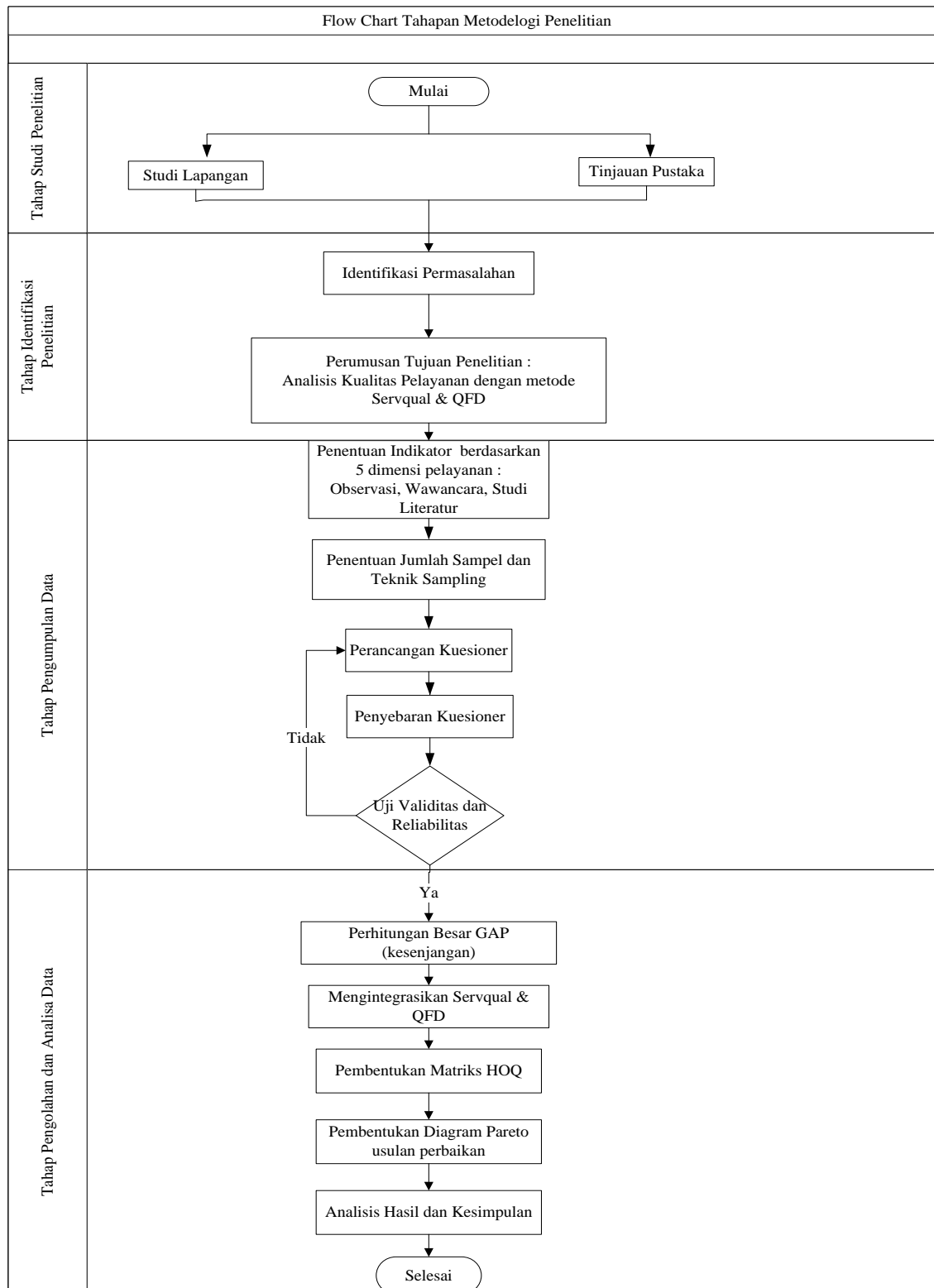
Penelitian ini bertujuan untuk mengukur tingkat kepuasan dan harapan pasien terhadap pelayanan yang diberikan oleh Rumah Sakit Zainal Abidin khususnya pada ruang rawat inap Non VIP. Selain itu, hasil penelitian yang diperoleh diharapkan dapat menjadi rekomendasi serta usulan perbaikan untuk meningkatkan mutu pelayanan pada Rumah Sakit Zainal Abidin Banda Aceh.

## 2. Metode Penelitian

Tahapan dalam penelitian ini dapat dilihat pada gambar 1. Penelitian dilakukan pada salah satu rumah sakit pemerintahan di kota Banda Aceh, yaitu Rumah Sakit Umum Zainal Abidin (RSUZA). Pengumpulan data dilakukan dengan wawancara kepada pihak manajemen rumah sakit dan penyebaran kuesioner kepada pasien rawat inap Non VIP. Penarikan sampel dilakukan menggunakan teknik *non probability* sampling yaitu *purposive sampling* sebanyak 72 responden.

Pada tahap identifikasi awal dilakukan beberapa tinjauan pustaka yang berkaitan dengan lima dimensi *servqual* yaitu, *Reliability* (Keandalan), *Responsiveness* (Daya Tanggap), *Assurance* (Jaminan), *Empaty* (Empati), dan *Tangible* (Nyata) sebagai variabel penilaian. Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* SPSS untuk menghitung nilai gap antara pelayanan yang diterima pasien dengan harapan pasien rawat inap non VIP. Selanjutnya, Analisis *quality function deployment* (QFD) dilakukan untuk memperoleh rekomendasi usulan perbaikan kualitas pelayanan rawat inap non VIP pada RSUZA Banda Aceh. Sedangkan untuk mengetahui usulan perbaikan yang menjadi prioritas utama maka dilakukan analisis dengan pendekatan diagram pareto. Sehingga pihak rumah sakit dapat mengetahui rekomendasi usulan perbaikan yang menjadi prioritas utama untuk diperbaiki.





Gambar 2.1 Flowchart Penelitian



### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Uji Validitas dan Reliabilitas

Pengujian validitas dilakukan untuk mengukur suatu indikator yang digunakan dalam kuisioner sesuai dengan model konseptual penelitian. Jika korelasi  $r$  skor total  $>$  dari  $r$  tabel maka korelasi dinyatakan valid/akurat dan sebaliknya. Hasil pengujian validitas kelima dimensi *servqual* dapat dilihat pada tabel 3.1. Sedangkan pengujian reliabilitas dilakukan untuk mengukur sejauh mana setiap indikator pengukuran pada kuisioner menunjukkan konsistensinya. Suatu indikator pengukuran dikatakan reliabel apabila memiliki nilai *cronbach's alpha*  $>$  0,7 (Sugiyono, 2006). Hasil pengujian reliabilitas dapat dilihat pada tabel 3.2.

Tabel 3.1 Hasil Pengujian Validitas

Variabel (Dimensi)	Indikator	Hasil Uji Corelation	r-tabel (n=30, $\alpha=5\%$ )	Keterangan
<i>Reliability</i>	1	0,591	0.361	Valid
	2	0,573	0.361	Valid
	3	0,515	0.361	Valid
	4	0,558	0.361	Valid
<i>Responsiveness</i>	5	0,548	0.361	Valid
	6	0,706	0.361	Valid
	7	0,437	0.361	Valid
	8	0,756	0.361	Valid
<i>Assurance</i>	9	0,628	0.361	Valid
	10	0,744	0.361	Valid
	11	0,713	0.361	Valid
	12	0,422	0.361	Valid
<i>Empathy</i>	13	0,811	0.361	Valid
	14	0,632	0.361	Valid
	15	0,514	0.361	Valid
	16	0,690	0.361	Valid
<i>Tangibles</i>	17	0,433	0.361	Valid
	18	0,457	0.361	Valid
	19	0,580	0.361	Valid
	20	0,482	0.361	Valid
	21	0,629	0.361	Valid

Sumber: Pengolahan Data Hasil Uji SPSS

Tabel 3.2 Hasil Pengujian Reliability

Reliability Cronbach's Alpha	N of Items
0.907	22

Sumber : Pengolahan Data Hasil Uji SPSS

#### 3.2 Analisis Gap

Pada pengukuran *SERVQUAL* peneliti dapat menganalisis kelima indikator dari dimensi kualitas pelayanan. Hasil dari penggunaan metode *servqual* dievaluasi berdasarkan keinginan pelanggan. Hasil yang diperoleh menggunakan pendekatan *SERVQUAL* berupa GAP. Nilai GAP positif menunjukkan bahwa pihak yang memberikan jasa telah mampu memberikan kualitas pelayanan sesuai dengan harapan konsumen. Sedangkan nilai GAP negatif artinya pihak perusahaan masih belum mampu memberi pelayanan seperti yang diharapkan (Wiyogo, Surachman, S, & S, 2013).

Berdasarkan Tabel 3.3 dapat dilihat bahwa nilai Gap antara kepuasan dengan harapan menjelaskan tingkat ketidakpuasan pasien dengan pelayanan yang diterima khususnya diruang



non VIP RSUZA Banda Aceh. Gap ini menunjukkan bahwa pelayanan yang diberikan RSUZA khususnya diruangan inap Non VIP pada suatu indikator kualitas tidak sesuai dengan harapan pasien. Nilai GAP ditunjukkan oleh selisih yang bernilai negative. Semakin besar nilai negative dari suatu indikator yang ditunjukkan, maka semakin besar pula kemungkinan variabel tersebut untuk segera diperbaiki atau dicari solusinya. Dari hasil perhitungan menunjukkan semua indikator bernilai negative, artinya secara keseluruhan indikator pelayanan belum dapat memenuhi harapan pasien sehingga diperlukan tindakan dan mencari solusi permasalahan. Selanjutnya diintegrasikan ke dalam bentuk rumah kualitas (HOQ) untuk menghasilkan sebuah kerangka konsep permasalahan dan usulan perbaikan yang menjadi prioritas. Berikut ini merupakan hasil penilaian indikator penelitian yang digunakan sesuai dengan 5 dimensi *SERVQUAL* serta hasil analisis GAP yang didapat dari tingkat kepuasan dan tingkat harapan, yaitu :

Tabel 3.3 Analisis GAP *Service Quality*

	INDIKATOR	KEPUASAN	HARAPAN	GAP
1	Prosedur pelayanan ruang non VIP secara Tepat & Cepat	3.06	4.29	-0.23
2	Kenyamanan Pasien didalam ruang non VIP	3.23	4.37	-1.14
3	Jam kunjung dokter dijalankan dengan tepat waktu	3.30	4.43	-1.13
4	Kapasitas pengunjung pasien pada ruang rawat non VIP terbatas	3.06	4.27	-1.21
5	Kesigapan tenaga medis dalam melayani masalah pada pasien	3.23	4.23	-1
6	Dokter memberikan penjelasan yang baik dari hasil diagnosa pasien	3.62	4.37	-0.75
7	Tenaga medis memberikan tindakan cepat pada saat pasien membutuhkan	3.34	4.38	-1.04
8	Perawat bersikap ramah dan sopan terhadap pasien.	3.39	4.28	-0.89
9	Pengetahuan dan kemampuan para dokter menetapkan diagnosa penyakit	3.55	4.6	-1.05
10	Keterampilan para Dokter & Perawat dalam bekerja	3.33	4.45	-1.12
11	Kepercayaan pasien terhadap pelayanan yang diberikan oleh dokter dan perawat	3.44	4.32	-0.88
12	Obat-obatan yang lengkap & terjangkau di RSUZA	3.52	4.55	-1.03
13	Memberikan pelayanan dengan hormat, ramah dan penuh perhatian	3.29	4.12	-0.83
14	Kepedulian perawat terhadap pasien saat dibutuhkan	3.40	4.33	-0.93
15	Dokter memberikan kesempatan kepada pasien untuk konsultasi	3.54	4.44	-0.9
16	Tersedia pelayanan & perawat selama 24 jam	3.73	4.59	-0.86



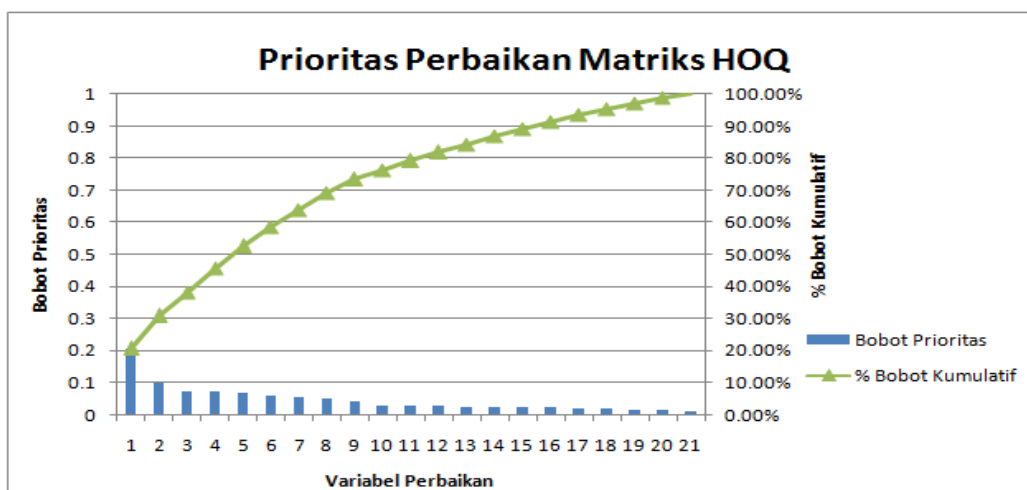
	INDIKATOR	KEPUASAN	HARAPAN	GAP
17	Dokter dan Perawat berpenampilan bersih dan rapi	3.55	4.16	-0.61
18	Kebersihan ruangan inap non VIP	3.51	4.29	-0.78
19	Fasilitas ruang non VIP mencukupi untuk pasien	3.08	4.48	-1.4
20	Kapasitas kamar mandi khusus pasien tersedia	2.30	4.61	-1,86
21	Kecukupan Ruang Rawat Inap untuk Pasien Baru masuk	2.26	4.83	-2.57

### 3.3 Analisis *Quality Function Deployment* (QFD)

Analisis *Quality function deployment* digunakan untuk mengetahui dan memahami kebutuhan sebenarnya yang diinginkan oleh konsumen (Chen & Pai, 2014). Selanjutnya QFD menghasilkan proses terstruktur sebagai tanggapan dari kebutuhan dan keinginan pelanggan. Konsep dalam QFD merupakan pengembangan dari integrasi antara kebutuhan dan harapan pelanggan untuk meningkatkan kualitas yang diperlukan (Cross, 1994). Proses pembentukan QFD menghasilkan *House Of Quality* (HOQ) yang bertujuan untuk dapat mengetahui keinginan pelanggan dan cara menyelesaikan permasalahan berdasarkan nilai selisih antara kepuasan dan harapan yang dikenal dengan *Customer Need* (Bernal, Dornberger, Suvelza, & Byrnes, 2009). Penentuan atribut *customer need* diperoleh dari 21 atribut keinginan pelanggan yang ada pada *servqual*. Sedangkan penentuan karakteristik teknis (*Technical Response*) dilakukan dengan penilaian subjektif wawancara dengan pihak tenaga medis, pasien dan observasi peneliti. Selanjutnya *customer need* akan dihubungkan dengan karakteristik teknis (*Tehcnical Response*) untuk mengetahui apa yang menjadi prioritasnya dari matriks. Adapun gambaran dari *House Of Quality* (HOQ) dapat dilihat pada Lampiran 1.

### 3.4 Analisis Diagram Pareto

Diagram pareto digunakan sebagai usulan perbaikan untuk melihat urutan variabel perbaikan yang menjadi prioritas utama (Arifianto, 2013). Usulan perbaikan dengan menggunakan QFD menghasilkan 21 atribut variabel perbaikan. Berdasarkan 21 atribut variabel perbaikan dihasilkan, dengan menggunakan diagram pareto diperoleh 12 atribut variabel yang menjadi prioritas perbaikan utama. Urutan variabel tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Pareto



Setelah diperoleh atribut (*technical response*) dari matriks *House Of Quality* (HOQ), maka ditetapkan prioritas perbaikan dengan metode pareto. Berdasarkan analisis menggunakan diagram pareto diperoleh 12 atribut perbaikan sebesar 81.86%. Tabel 3.4 merupakan urutan variabel perbaikan atribut 1 sampai 12 yang merupakan urutan prioritas utama yang perlu diperbaiki oleh pihak RSUZA.

Tabel 3.4 Usulan Variabel Perbaikan Berdasarkan Diagram Pareto

No	Urutan Variabel Perbaikan	% Bobot Kumulatif
1	Memberikan Pelatihan guna pelaksanaan pelayanan medis	20.67%
2	Adanya Penambahan bed & kursi dorong	30.85%
3	Mengadakan Training Effectivitas Comunication	38.31%
4	Menyediakan kamar mandi khusus pasien	45.67%
5	Penambahan ruang inap & merujuk kembali pasien yg sudah melakukan pengobatan/operasi di RSUZA ke RS rujukkan regional kabupaten/kota terdekat (Jika memungkinkan)	52.63%
6	Membuat Aturan kerjasama yang baik antara pihak tenaga medis dengan pasien	58.47%
7	Menumbuhkan sikap daya tanggap tenaga medis terhadap keluhan pasien	63.92%
8	Pengaturan jadwal tenaga medis disesuaikan dengan kebutuhan	69.06%
9	Melakukan pemeriksaan fungsi organ secara lebih intensif	73.39%
10	Memberikan rasa aman pasien terhadap tindakan medis	76.32%
11	Melakukan pemeriksaan didasarkan standar pengobatan	79.14%
12	Memperketat aturan keluar masuknya jadwal besuk pasien	81.86%
13	Mempermudah pasien berkomunikasi langsung kepada dokter	84.38%
14	Mempermudah proses ADM& pelayanan pasien rujukkan rawat inap non VIP	86.80%
15	Memberikan dokumen akurat dan dipercaya	89.12%
16	Penambahan tenaga medis ahli (dokter & perawat)	91.34%
17	Membuat aturan kunjungan diluar waktu kunjung untuk mendapatkan persetujuan kepala ruang	93.45%
18	Melengkapi obat- obatan diapotik internal RSUZA	95.47%
19	Melakukan pemeriksaan fasilitas pelayanan kesehatan (air infus) secara lebih intensif	97.18%
20	Membuat sebuah pusat informasi khusus pasien rawat inap (pusat informasi keberadaan kamar kosong untuk ditempati. dll)	98.80%
21	Melakukan program sterilisasi	100.00%

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil perhitungan *SERVQUAL* diperoleh seluruh variabel dimensi pelayanan memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas pelayanan pada RSUZA Banda Aceh. Hal ini dapat dilihat dengan nilai GAP yang menunjukkan adanya kesenjangan negatif dari seluruh variabel dimensi pelayanan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa pelayanan yang diberikan masih belum seperti yang diharapkan pasien. Adapun atribut perbaikan yang menjadi prioritas utama untuk meningkatkan kualitas pelayanan pada RSUZA adalah meningkatkan performa tenaga medis seperti memberikan pelatihan atau training pada dokter dan staf medis. Dalam menentukan urutan prioritas utama untuk perbaikan pelayanan pada RSUZA Banda Aceh, maka diperoleh 12








urutan variabel perbaikan yang menjadi prioritas, yaitu ; 1. Memberikan pelatih guna pelaksanaan tindakan medis, 2. Adanya Penambahan bed & kursi dorong, 3. Mengadakan Training Effectivitas Comunication, 4. Menyediakan kamar mandi khusus pasien, 5. Penambahan ruang inap & merujuk kembali pasien yg sudah melakukan pengobatan/operasi di RSUZA ke RS rujukkan regional kabupaten/kota terdekat 6. Membuat Aturan kerjasama yang baik antara pihak tenaga medis dengan pasien, 7. Menumbuhkan sikap daya tanggap tenaga medis terhadap kepluhan pasien, 8. Pengaturan jadwal tenaga medis disesuaikan dengan kebutuhan, 9. Melakukan pemeriksaan fungsi organ secara lebih intensif, 10. Memberikan rasa aman pasien terhadap tindakan medis, 11. Melakukan pemeriksaan didasarkan pada standar pengobatan, 12. Memperketat aturan keluar masuknya jadwal besuk pasien. Merupakan prioritas utama yang menjadi usulan perbaikan dan perlu untuk diterapkan.

#### Daftar Pustaka



- Ariefianto, M. Y. (2013). *Analisis On Time Performance Sebagai Upaya Mengawasi Kualitas Menggunakan Metode Diagram Kontrol dan Meningkatkan Kualitas Jasa Menggunakan Metode Pareto Chart dan Diagram Sebab Akibat (PT. Sriwijaya Air)*. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Bernal, L., Dornberger, U., Suvelza, A., & Byrnes, T. (2009). *Handbook Quality Function Deployment (QFD) For Services*. Beethovenstr: Universitat Leipzig.
- Chen, S. H., & Pai, C. K. (2014). Using the QFD Technical to Improve Service Quality in Vegetarian Foods Industry. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, 162-168.
- Kim, J., & Han, W. (2012). Improving Service Quality in Long term Care Hospitals : National Evaluation on Long term Care Hospitals and Employees Perception of Quality Dimensions. *Osong Public Health Res Perspect*, 94-99.
- Liu, M. (2000). Health Care Quality Management In China Hospitals. *International Conference on Management of Innovation and Technology* (hal. 196-202). Singapore: IEEE.
- Lou, C. (1995). *Quality Function Deployment, How to make QFD Work For You*. New York: Addison- Wesley Publishing Company.
- Parasuman, A., Berry, L., & Zeithaml, V. (1990). *Delivering Quality Service : Balancing Customer Perception and Expectation*. New York: The Free Press Advision of Mac Milan Inc.
- Shieh, J. I., Wu, H. H., & Huang, K. K. (2010). A DEMATEL method in identifying key success factors of hospital service quality . *Knowledge Based Systems*, 277-282.
- Sugiyono. (2006). *Statistika Untuk Penelitian* (Vol. Cetakan kesembilan). Bandung: Alfabeta.
- Tjiptono, F. (2005). *Service Quality and Satisfaction*. Yogyakarta: Andi Offset.
- Wazzan, D. B. (2007). Patient Loyalty versus Satisfaction : Implications for Quality and Marketing Strategies. *School of Health and Human Services*, 1-154.
- Wiyogo, Surachman, S, R., & S, N. W. (2013). Integrasi Servqual dan Quality Function Deployment Untuk Pengukuran Kualitas Layanan. *Jurnal Teknik Mesin*, 1.
- Yaacob, M. A., Zakaria, Z., Andin Salamat, A. S., Yaacob, Z., Salmi, N. A., Hasan, N. F., et al. (2011, April). Patients' Satisfaction Towards Service Quality in Public Hospital : Malaysia Perspective. *Interdisciplinary Journal Of Contemporary Research In Business*, 2, 635-640.



Lampiran 1.

-  Menunjukkan hubungan positif Kuat
-  Menunjukkan hubungan positif sedang
-  Menunjukkan hubungan Negatif Kuat

HOW \ WHAT	Column																					Tingkat Kepentingan	Improvement Ratio	Goal	Sales Point	Raw Weight	Normalize Raw Weight	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21							
1	●	●																				4	0.98	3	1.2	4.704	0.034	
2																							5	1.23	4	1.5	9.225	0.067
3																							5	1.121	4	1.5	8.407	0.061
4																							5	1.307	4	1.5	9.802	0.072
5																							4	0.28	3	1.2	4.833	0.035
6																							4	0.828	3	1.2	3.974	0.029
7																							4	0.898	3	1.2	4.310	0.031
8																							4	0.884	3	1.2	4.243	0.031
9																							5	1.126	4	1.5	8.445	0.062
10																							5	1.201	4	1.5	9.007	0.066
11																							4	0.872	3	1.2	4.185	0.030
12																							4	0.852	3	1.2	4.089	0.030
13																							4	0.911	3	1.2	4.372	0.032
14																							4	0.882	3	1.2	4.233	0.031
15																							4	0.847	3	1.2	4.065	0.029
16																							4	0.804	3	1.2	4.896	0.036
17																							4	0.845	3	1.2	4.056	0.029
18																							4	1.139	4	1.2	5.467	0.040
19																							5	1.298	4	1.5	9.735	0.071
20																							4	1.739	4	1.5	10.483	0.077
21																							5	1.769	4	1.5	13.267	0.097
Contributions	0.30	0.20	0.73	0.64	0.28	0.35	0.27	0.68	0.93	2.57	0.54	0.36	0.29	0.40	0.26	0.21	0.34	0.16	1.27	0.92	0.87							
Normalized Contribution	0.024	0.015	0.058	0.051	0.022	0.027	0.021	0.054	0.074	0.205	0.043	0.028	0.023	0.031	0.020	0.016	0.027	0.012	0.101	0.073	0.069							
Prioritas	14	20	6	8	16	12	17	7	3	1	9	11	15	10	18	19	13	21	2	4	5							

-  Hubungan Kuat Nilai : 9
-  Hubungan Sedang Nilai : 2



## **Analisis Penerapan Manajemen Risiko Berdasarkan ISO 31000 pada Proyek Konstruksi Pengembangan Fasilitas Gas**

**Debrina Puspita Andriani, Amalia Dyashinta Heksipratiwi**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya

Jl. MT. Haryono No.167, Malang 65145

Telp. 0341 587710, 587711 psw.1283

E-mail: [debrina@ub.ac.id](mailto:debrina@ub.ac.id)

### **Intisari**

*PT. X merupakan perusahaan yang bergerak di bidang konstruksi dan diketahui aktif melakukan pengelolaan manajemen risiko ISO 31000. Pada biro manajemen risiko di Departemen Industrial Plant PT. X terdapat beberapa permasalahan yaitu pada probabilitas, tingkat, dan penentuan dampak risiko yang belum sesuai dengan prosedur manajemen risiko yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Selain itu, monitoring risiko yang seharusnya dilakukan secara rutin belum menjadi hal utama dalam keberlangsungan proyek. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko berdasarkan rating probabilitas dan rating akibat dari peristiwa-peristiwa yang terjadi pada proyek pengembangan fasilitas gas yang sedang dikerjakan oleh departemen ini. Selain itu juga dilakukan analisis melalui tahap mitigasi terhadap risiko yang paling dominan (top 10 risks). Dari 80 peristiwa risiko yang ada pada proyek pengembangan fasilitas gas, terdapat kesalahan dalam perhitungan yang mempengaruhi hasil akhir pada penentuan tingkat risiko. Terdapat 11 risiko dengan tingkat risiko yang tidak sesuai dengan prosedur pada matriks analisis risiko ISO 31000, dimana tiga risiko dengan nilai rating probabilitas dan 14 risiko dengan nilai rating akibat yang tidak sesuai dengan prosedur. Dari 23 risiko yang paling signifikan terjadi pada proyek, terdapat 10 risiko dengan tingkat risiko tertinggi yaitu risiko bernilai ekstrim. Risiko bernilai ekstrim tersebut dijadikan sebagai top 10 risks pada proyek yang akan diajukan untuk bahan evaluasi dan selanjutnya dibuat mitigasi atau rencana tindak lanjut untuk menanggulangi risiko tersebut, sehingga dapat mengurangi terjadinya risiko-risiko proyek ini pada tahun berikutnya.*

*Kata Kunci: proyek konstruksi, risiko proyek, manajemen risiko, ISO 31000, mitigasi risiko.*

### **1. Pendahuluan**

Proyek konstruksi merupakan suatu rangkaian kegiatan yang saling berkaitan untuk mencapai tujuan tertentu (bangunan/konstruksi) dalam batasan waktu, biaya dan mutu tertentu. Tipa (2015) menjelaskan proyek konstruksi merupakan suatu bidang yang sangat kompleks dan memiliki risiko tinggi. Berdasarkan *A Guide to the Project Management of Body Knowledge* (Duncan, 2008), risiko pada proyek konstruksi dapat mempengaruhi banyak hal diantaranya produktivitas, kinerja, kualitas, waktu dan biaya pada proyek yang dilaksanakan dan jika risiko terjadi akan dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan.

Saat ini perusahaan yang bergerak pada bidang konstruksi sangat memperhatikan permasalahan risiko pada proyek. Risiko dapat dikelola menggunakan manajemen risiko. Manajemen risiko merupakan suatu proses identifikasi, analisis, dan respon atau tanggapan terhadap risiko. Perusahaan menerapkan manajemen risiko agar dapat meminimalisir kerugian yang mungkin akan terjadi akibat risiko-risiko tersebut serta mengurangi dampak terjadinya risiko yang mungkin terjadi.

PT. X diketahui telah menerapkan dan aktif melakukan pengelolaan manajemen risiko sejak tahun 2009, bahkan telah melakukan migrasi *framework* dari COSO menjadi ISO 31000:2009



sejak tahun 2013 dan telah resmi di implementasikan pada tahun 2014. Amandemen dan *updating* terkait prosedur terus dievaluasi mengingat perubahan bisnis PT. X yang dinamis. Perubahan bisnis tersebut mempengaruhi risiko-risiko yang mengancam, sehingga koridor atau prosedur terkait pengelolaan risiko tersebut harus terus dikembangkan. Risiko yang akan dianalisis pada penelitian ini adalah risiko proyek pengembangan fasilitas gas yang dilakukan oleh Departemen Industrial Plant PT. X pada tahun 2015.

Pada biro manajemen risiko di departemen ini terdapat beberapa permasalahan yang menjadi bahan evaluasi di perusahaan, diantaranya adalah masalah pada probabilitas, tingkat, dan penentuan dampak risiko yang belum sesuai dengan prosedur manajemen risiko yang telah ditetapkan oleh perusahaan yang berdasarkan ISO 31000. Selain itu, monitoring risiko belum menjadi hal utama dalam keberlangsungan proyek padahal monitoring risiko seharusnya dilakukan secara rutin pada proyek. Pelaporan risiko proyek juga belum dilakukan sepenuhnya oleh proyek yang sedang dijalankan.

Objek penelitian ini merupakan suatu proyek pengembangan fasilitas gas di Kabupaten Banggai, Propinsi Sulawesi Tengah, dimana menurut majalah bulanan yang diterbitkan oleh PT.X, proyek ini merupakan proyek yang penting bagi industri minyak dan gas bumi di Indonesia dan nantinya akan berperan penting dalam mempertahankan dan memperkuat posisi Indonesia sebagai negara pengekspor LNG terbesar di dunia. Pembangunan proyek pengembangan fasilitas gas ini diyakini akan meningkatkan kontribusi sektor minyak dan gas bumi dalam menyumbangkan devisa bagi negara dan kemungkinan sebagian untuk substitusi BBM dalam negeri.

Pengelolaan risiko dibutuhkan sebagai upaya untuk mengurangi risiko apa yang akan terjadi dan dibutuhkan manajemen risiko untuk mengelola risiko tersebut (Awalianti, 2013). Manajemen risiko disini meliputi beberapa tahapan yaitu identifikasi risiko, analisis risiko dan respon atau tanggapan terhadap risiko yang mungkin terjadi selama proyek konstruksi berlangsung. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat risiko berdasarkan rating probabilitas dan rating akibat dari peristiwa-peristiwa yang terjadi pada proyek pengembangan fasilitas gas. Selain itu juga dilakukan analisis melalui tahap mitigasi terhadap risiko yang paling dominan.

Pengelolaan manajemen risiko yang baik pada perusahaan merupakan hal yang sangat penting untuk keberlangsungan proyek dan departemen sendiri terutama pada biro manajemen risiko. Oleh karena itu, diharapkan pengelolaan manajemen risiko yang ada pada perusahaan telah sesuai dengan prosedur manajemen risiko perusahaan dan mengikuti standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan.

## **2. Metodologi**

### **2.1 Metode Pengumpulan Data**

Penelitian ini termasuk pada jenis penelitian deskriptif dalam hal metodologi. Penelitian deskriptif merupakan penelitian yang dilakukan untuk mengetahui nilai variabel mandiri dengan membuat perbandingan atau menggabungkan antar variabel (Sugiyono, 2012). Sedangkan dalam pengumpulan data, penelitian ini menggunakan metode penelitian kepustakaan (*library research*) dan metode penelitian lapangan (*field research*) dengan melakukan wawancara, observasi dan dokumentasi yang terkait dengan keperluan pembahasan.

### **2.2 Tahapan Penelitian**

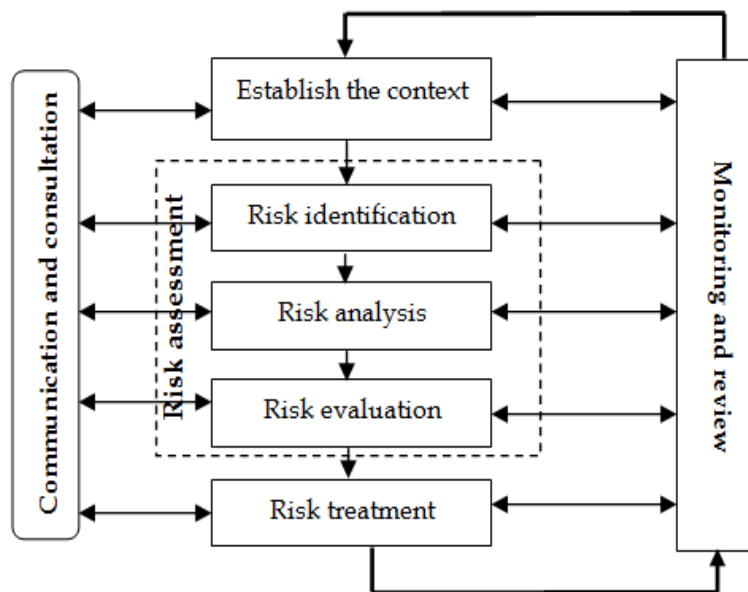
Pada proyek pengembangan fasilitas gas ini terdapat permasalahan yang menjadi bahan evaluasi pada proyek. Dari segi risiko, risiko pada proyek ini tertuang lebih banyak dibandingkan dengan proyek lainnya. Data yang digunakan adalah data historis pada tahun 2015 yang didapatkan dari biro manajemen risiko di Departemen Industrial Plant. Data berupa risiko pada proyek selama jangka waktu satu tahun tersebut kemudian diolah dan didapatkan hasil sebanyak 80 risiko. Gambar 1 menjelaskan tahapan proses dari manajemen risiko (Severian, 2014).



Proses manajemen risiko harus selalu ditempatkan ke dalam konteks kegiatan, tujuan, strategi, sasaran, dan atau rencana hasil kegiatan tersebut. Sebelum melakukan proses manajemen risiko, para pimpinan unit kerja harus memastikan lebih dulu tujuan, strategi, sasaran dan atau rencana hasil kegiatan yang ingin dicapai. Pada tahap identifikasi risiko, data historis dalam kurun waktu setahun diolah dan didapatkan 80 risiko yang dianalisis. Risiko-risiko tersebut kemudian dianalisis komparasi tingkat risiko yang telah ditetapkan oleh perusahaan dengan tingkat risiko berdasarkan analisis menggunakan matriks analisis risiko dengan ISO 31000. *Framework* ISO 31000:2009 telah diakomodir pada Prosedur Manajemen Risiko dan telah disetujui, serta mulai aktif diimplementasikan sejak triwulan IV 2014.

Sedangkan pada tahap evaluasi risiko dilakukan analisis tingkat risiko menggunakan matriks analisis risiko. Langkah yang terutama dan yang paling penting dalam menghadapi risiko adalah dengan mengidentifikasinya. Hal ini dikarenakan identifikasi risiko mencakup perincian pemeriksaan strategi perusahaan, melalui risiko potensial mana yang bisa ditemukan dan kemungkinan disusunnya respon atau tanggapan. Sedangkan untuk mengevaluasi risiko, aspek yang harus selalu dipertimbangkan adalah frekuensi risiko dan *potential severity*.

Setelah melakukan pengidentifikasian risiko dan urutan risiko pada setiap bidang, maka risiko dianalisis untuk mengetahui risiko mana yang dominan terjadi berdasarkan keseringan atau frekuensinya dan kemudian tingkat kebesaran dampak (*severity*) dari risiko atau tingkat risiko akan dibandingkan menggunakan matriks analisis risiko, apakah hasil yang ada pada data risiko yang ada telah sesuai dengan prosedur atau belum. Matriks analisis risiko berdasarkan ISO 31000 ditampilkan pada Gambar 2 (Berg, 2010). Kriteria untuk masing-masing rating (rating akibat risiko dan rating probabilitas terjadinya risiko) yang disebutkan pada Gambar 2 berdasarkan prosedur manajemen risiko ISO 31000 PT. X dijelaskan pada Tabel 1 dan 2. Setelah diketahui nilai tingkat risiko (sangat besar, besar, sedang, kecil), maka selanjutnya yang harus dilakukan adalah menetapkan urutan prioritas menurut tingkat risiko.



Gambar 1. Proses Pengelolaan Risiko Berdasarkan ISO 31000

Matriks Analisa Risiko		Akibat/ consequence								
		Tidak Berat		Berat		Sangat Berat		Malapetaka		
		1	2	3	4	Keterangan:				
Probabilitas/ Probability	Sangat Besar	4	4 T	8 T	12 E	16 E	E EKSTRIM			
	Besar	3	3 M	6 T	9 E	12 E	T TINGGI			
	Sedang	2	2 R	4 M	6 T	8 E	M MEDIUM			
	Kecil	1	1 R	2 R	3 M	4 E	R RENDAH			

Gambar 2. Matriks Analisis Risiko berdasarkan ISO 31000

Tabel 1. Probabilitas Risiko beserta Nilai Rating

Degree	Departemen	Project	Indicative frequency	RATING
	Description - general	Description - project		
Kecil	Terjadi sekali setahun	Ada kemungkinan tidak terjadi	Sd- 10%	1
Sedang	Terjadi setiap enam bulan	Kemungkinan kecil terjadi	10% - 50%	2
Besar	Terjadi setiap tiga bulan	Mungkin terjadi	50-90%	3
Sangat Besar	Terjadi setiap bulan	Hampir dipastikan akan terjadi	≥90%	4

Tabel 2. Akibat dari Risiko beserta Nilai Rating

Impact	Departemen	Project	RATING
	Description - general	Financial (% cost overrun from planned)	
Kecil	Masih bisa diterima	0 - 2%	1
Sedang	Harus ada mitigasi	2 - 5%	2
Besar	Mitigasi strategi	5 - 10%	3
Sangat besar	Eskalasi	10%	4

Williams, et al. (1993) menjelaskan sebuah pendekatan yang dikembangkan menggunakan dua kriteria yang penting untuk mengukur risiko, yaitu :

1. Probabilitas/Kemungkinan (*Probability*) adalah kemungkinan (*Probability*) dari suatu kejadian yang tidak diinginkan.
2. Akibat/Dampak (*Impact*), adalah tingkat pengaruh atau ukuran dampak (*Impact*) pada aktivitas lain, jika peristiwa yang tidak diinginkan terjadi.

Dari penjelasan di atas, untuk mengukur risiko dapat digunakan Persamaan (1).

$$\text{Tingkat Risiko} = \text{Probabilitas} \times \text{Akibat} \quad (1)$$

Pada proyek ini selanjutnya akan dilakukan mitigasi risiko untuk *top 10* risiko yang paling dominan sebagai bahan pertimbangan evaluasi pada pihak manajemen risiko. Selain itu, hal ini dilakukan agar dapat dilakukan tindakan preventif atas risiko dengan tingkat risiko yang paling tinggi pada proyek yang sama di tahun berikutnya. Pada tahap terakhir dilakukan analisis dan evaluasi risiko dengan mengusulkan tindak lanjut terhadap risiko (mitigasi risiko) sebagai tanggapan dan perlakuan atas risiko (*treatment option*).

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Analisis Penerapan ISO 31000

Berdasarkan data yang diperoleh dari Departemen *Industrial Plant* didapatkan 80 data peristiwa dengan persentase probabilitas dan akibat risiko dan disajikan pada Tabel 3. Selain data tersebut, juga diperoleh data terkait rating probabilitas, rating akibat, dan tingkat atau level risiko pada proyek pengembangan fasilitas gas yang telah ditentukan oleh Biro Manajemen Risiko, Departemen *Industrial Plant*. Secara ringkas, dari 80 risiko yang ada, diketahui masing-masing nilai untuk rating probabilitas, rating akibat, dan tingkat atau level risiko disajikan secara deskriptif pada Gambar 3.



Tabel 3. Daftar Peristiwa dengan Persentase Probabilitas dan Akibat Risiko pada Departemen Industrial Plant

No	Peristiwa	Prob (%)	Akibat (%)	No	Peristiwa	Prob (%)	Akibat (%)
1	Sering terjadi demonstrasi / blokade jalan	70%	5,09%	41	Keterlambatan proses pengurusan <i>masterlist</i>	30%	13%
2	Adanya kesalahan asumsi struktur tanah, yang berakibat munculnya biaya baru yang tidak di-cover dalam RAB	15%	1,31%	42	Harga material dan jasa yang ditawarkan subkon / <i>supplier</i> melebihi RAB	30%	13%
3	Diwajibkan menggunakan tenaga kerja lokal untuk non- <i>skill</i> yang produktifitasnya mungkin rendah, dominannya tenaga kerja lokal mengganggu operasional proyek	20%	0,71%	43	Penawaran vendor pada saat <i>bidding</i> tidak sesuai dengan spesifikasi	30%	6,43%
4	Permintaan penggantian tanaman di lahan / area yang sudah dibebaskan <i>owner</i>	10%	3,94%	44	Keterlambatan <i>manufacturing</i> dari Vendor	30%	12,42%
5	Terlambat penerbitan PO khusus material long lead sehingga Penagihan tidak dapat dilakukan selama 1 bulan	70%	0%	45	Terdapat risiko CO/EOT dari vendor/subkon	30%	5%
6	<i>Performance test</i> tidak tercapai, sehingga akan dikenakan denda 5% dari kontrak	30%	5%	46	<i>Demurrage cost &amp; port congestion</i>	30%	10%
7	Denda LD akibat <i>schedule delay</i> (5%)	70%	10%	47	Munculnya biaya tambahan untuk masalah kecelakaan dan kematian kerja	30%	5%
8	Adanya <i>grey area</i> pembagian <i>scope</i> pekerjaan antar konsorsium untuk material aksesoris	70%	5%	48	Perbedaan mata uang antara tagihan ke <i>owner</i> (USD) dengan pembayaran ke <i>supplier</i> / Subkon (USD, Euro, Rp)	30%	1%
9	Scope suplai material dari PT. Y adalah <i>ex-work</i>	30%	5%	49	Risiko kurs untuk jaminan alokasi dana	30%	10%
10	<i>Third Party Liability</i>	70%	30%	50	Risiko pajak yang muncul apabila DJP mengakui sistem pajak PT. Y yaitu PT. X akan terhutang PPN dan PPH	30%	10%
11	Tidak dipenuhinya TKDN (Tingkat Kandungan Dalam Negeri)	30%	5%	51	Munculnya risiko faktur pajak PT. Y tidak diakui oleh KPP karena sifat kerja sama PT. X-PT. Y adalah JO administratif; dimana PT. Y sebagai <i>member</i> tidak seharusnya menagihkan porsinya ke konsorsium KWT.	30%	10%
12	Sifat kontrak yang lebih memihak <i>owner</i>	70%	5%	52	Risiko kurs pada saat pembayaran ke vendor / sub karena rupiah melemah	30%	10%
13	Munculnya potensi gugatan dari pihak ketiga terkait pengadaan material / <i>equipment</i>	70%	5%	53	Risiko <i>cash flow</i>	30%	10%
14	Adanya tumpang tindih kepemilikan lahan yang berdampak pada <i>schedule</i> proyek dan personil PT. X	30%	2%	54	Kekurangan personil inti ( <i>level team management</i> )	30%	5%
15	Keterlambatan <i>progress engineering</i> dari PT. Y	70%	8%	55	Kekurangan tenaga kerja ( <i>piping, mechanical, field engineer civil, dll</i> )	10%	10%
16	Keterlambatan yang disebabkan oleh kesalahan / penyimpangan dalam detail <i>design</i>	30%	8%	56	Kekurangan pembayaran kompensasi pekerja	10%	10%
17	Perubahan komposisi gas primer	30%	3,5%	57	Peralihan pekerja PKWT menjadi PKWTT	10%	10%
18	Keterlambatan <i>progress VDR</i> (vendor <i>document review</i> ) baik dari kontraktor ataupun vendor	75%	6%	58	<i>Overload</i> jumlah <i>manpower non skill</i> di lapangan	10%	2%
19	Perubahan desain saat detail <i>engineering</i> karena perubahan dari <i>licensor</i> (SHELL)	40%	7%	59	Keterbatasan sumber daya alat berat	30%	6%
20	Keterlambatan dokumentasi <i>civil</i> yang berhubungan dengan konstruksi	60%	5%	60	Kekurangan tenaga kerja saat konstruksi untuk pekerjaan <i>civil, mechanical, electrical dan instrument</i> , serta <i>piping</i>	30%	5%
21	Revisi AFC <i>drawing / document</i> sebagai <i>as built</i>	30%	5%	61	Keterlambatan karena konstruksi dan instalasi	30%	6,67%
22	Risiko <i>over volume</i> (realisasi MTO lebih besar dari rencana)	30%	10%	62	Kerusakan peralatan konstruksi	30%	5%
23	Munculnya polusi / pencemaran akibat pelaksanaan pekerjaan	30%	10%	63	Keterlambatan <i>drawing</i> dari segi <i>approval</i> (Keterlambatan <i>approval drawing</i> (IFC-Approved))	30%	6%
24	Keracunan gas H2S	30%	10%	64	<i>Material over spec</i>	30%	7%
25	Terjadinya kecelakaan kerja	30%	12,62%	65	Perubahan <i>schedule lifting equipment</i>	10%	10%
26	Tidak tersedianya anggaran untuk pengadaan <i>air ambulance</i> dan fasilitasnya	30%	0,20%	66	Keterlambatan konstruksi dan instalasi	30%	10%
27	Potensi jatuh dari ketinggian pada pekerjaan <i>civil</i>	30%	10%	67	<i>Delay</i> pada pekerjaan <i>access road</i> saat musim hujan	10%	10%
28	Potensi kecelakaan pada <i>hot work</i>	30%	10%	68	Tidak tercapainya mutu pekerjaan sesuai spesifikasi	10%	10,41%



No	Peristiwa	Prob (%)	Akibat (%)	No	Peristiwa	Prob (%)	Akibat (%)
29	Adanya keracunan makanan	30%	10%	69	Ketersediaan dokumen untuk pengurusan SKPP & SKPI kurang mencukupi	10%	9,30%
30	Risiko kehilangan material & equipment di site	30%	5%	70	Munculnya ketidaksesuaian mutu vendor / subkon terhadap standar mutu KWT	10%	10,41%
31	Tidak ada peluang pekerjaan +/- karena kontrak lump sum, dimana terdapat perubahan volume pada <i>bulk material</i> , tanpa adanya perubahan spesifikasi	60%	11%	71	Requirement dari owner terkait pengadaan personil QC di proyek tinggi	30%	5%
32	Sub contractor tidak memiliki performa yang baik	30%	5%	72	Munculnya keterlambatan approval document (datasheet, general arrangement, ITP, WPS, PQR) yang mengakibatkan tertundanya / tidak bisa dilakukan PIM (Pre Inspection Meeting)	10%	10%
33	Kenaikan harga material karena proyek <i>multi-years</i>	60%	10%	73	Terjadi dispute mengenai content MDR (Manufacturing Data Report) pada akhir masa produksi	30%	5%
34	CO/VO tidak disetujui oleh owner	60%	11%	74	Adanya permintaan dari owner yang diluar spesifikasi	30%	5%
35	Munculnya keterlambatan schedule akibat progres pekerjaan vendor	30%	5%	75	Rejection rate terkait welding tracking	30%	5%
36	Keterlambatan progres proyek	60%	10%	76	Subkon commissioning tidak memberikan performansi	30%	14%
37	Kontraktor tidak bisa menerima termin karena realisasi progres kurang dari 75% dari rencana	30%	5%	77	Start up dilakukan secara berulang	10%	11%
38	Kesalahan hitung saat tender yang berdampak pada <i>overbudget</i> saat proyek berjalan	30%	6,43%	78	Ketersediaan power genset temporary untuk tahap testing tidak mencukupi	10%	10%
39	Keterlambatan transportasi material dan equipment karena keterbatasan LCT	30%	5,53%	79	Ketidakcukupan sparepart equipment saat pre-komissioning	10%	6%
40	Kerusakan/kehilangan material impor	30%	7%	80	Performance test belum tercapai	10%	19,59%

Berdasarkan Gambar 3 (a) diketahui bahwa lebih dari 50%, yaitu 64% atau sebanyak 51 dari 80 peristiwa yang ada diberikan rating probabilitas 2 yang berarti probabilitasnya sedang dan terjadi setiap enam bulan, sehingga kemungkinan kecil terjadi. Sedangkan untuk rating probabilitas 1, 3, dan 4 diketahui secara berturut-turut sebanyak 17,5% (14 peristiwa), 17,5% (14 peristiwa), dan 1% (1 peristiwa).

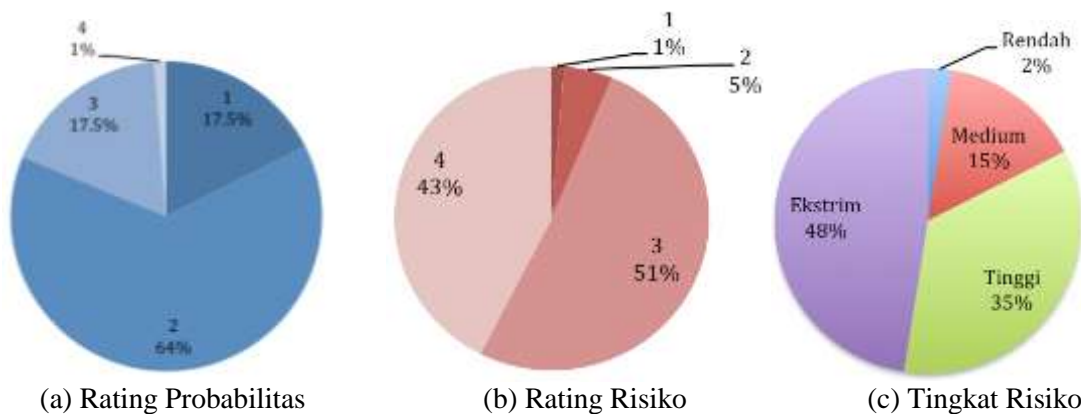
Pada Gambar 3 (b) diketahui bahwa 51% atau sebanyak 41 dari 80 peristiwa yang ada diberikan rating akibat 3 yang berarti akibat risiko yang ditimbulkan cukup besar dan dilakukan mitigasi strategi. Sedangkan untuk rating akibat risiko 1, 2, dan 4 diketahui secara berturut-turut sebanyak 1% (1 peristiwa), 5% (4 peristiwa), dan 43% (34 peristiwa).

Gambar 3 (c) menjelaskan tingkat risiko yang telah ditentukan oleh Biro Manajemen Resiko di Departemen Industrial Plant PT. X sebelumnya. Diketahui bahwa 48% atau sebanyak 35 dari 80 peristiwa yang ada diberikan nilai tingkat risiko ekstrim. Sedangkan untuk tingkat risiko yang lain yaitu rendah, medium, dan tinggi diketahui secara berturut-turut sebanyak 2% (6 peristiwa), 15% (12 peristiwa), dan 35% (27 peristiwa). Oleh karena itu, perlu dilakukan analisis lebih lanjut untuk karena diketahui tingkat risiko ekstrim yang memiliki proporsi terbesar dibandingkan tingkat risiko yang lain.

Pada penelitian ini dilakukan analisis prosedur manajemen risiko di PT. X yaitu menggunakan perhitungan matriks analisis risiko berdasarkan ketentuan ISO 31000 untuk membandingkan nilainya dengan nilai tingkat atau level risiko yang telah ditentukan sebelumnya oleh PT. X. Sebagai contoh perhitungan untuk prosedur ISO 31000 dari data pada salah satu peristiwa yang menimbulkan risiko, yaitu peristiwa nomor 1, sering terjadi demonstrasi/blokade jalan. Diketahui berdasarkan data yang ada, risiko sering terjadi demonstrasi/blokade jalan mempunyai rating probabilitas dan rating akibat sebesar 3. Nilai rating probabilitas didapatkan dari Tabel 1 probabilitas risiko beserta nilai rating. Probabilitas (%) dari risiko diketahui sebesar 70% dimana pada range sebesar 50-90% nilai ratingnya sama dengan 3. Sedangkan untuk nilai rating akibat didapatkan dari Tabel 2 akibat dari risiko beserta nilai rating. Akibat (%) dari risiko diketahui sebesar 5,09% dimana pada range sebesar 5-10% nilai ratingnya sama dengan 3.





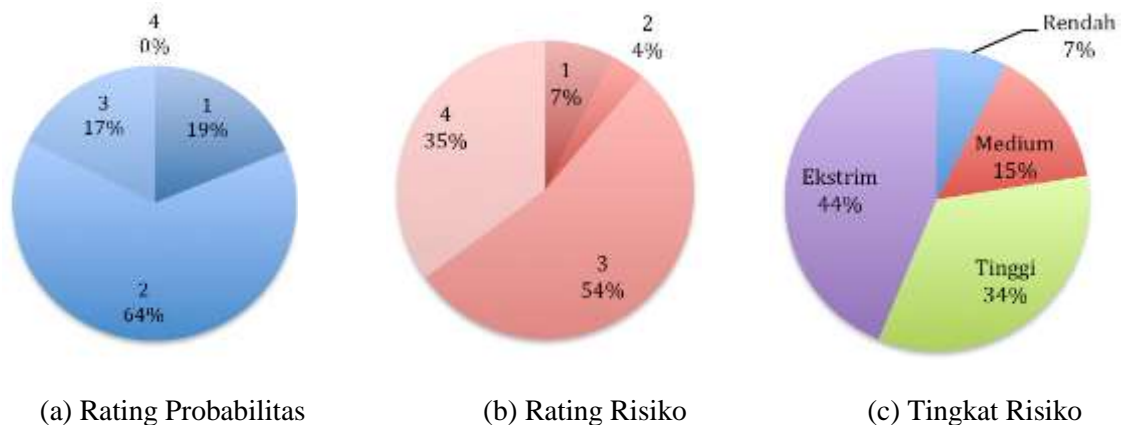


Gambar 3. Data Rating Probabilitas, Rating Risiko, dan Tingkat Risiko Proyek Pengembangan Fasilitas Gas Berdasarkan Data Biro Manajemen Risiko Departemen Industrial Plant PT.X

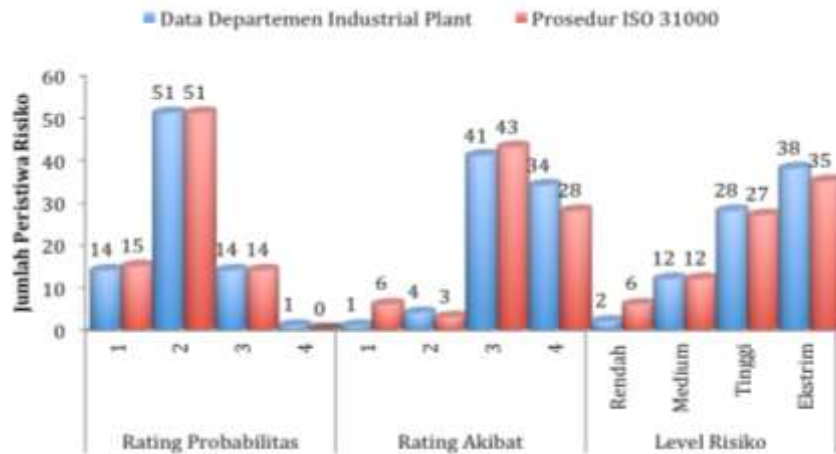
Setelah mendapatkan nilai rating probabilitas dan akibat, nilai tersebut dianalisis menggunakan matriks analisis risiko yang dapat dilihat pada Gambar 1. Dari gambar tersebut didapatkan hasil sama dengan 9 dengan tingkat risiko E, yaitu Ekstrim. Selanjutnya dilakukan perhitungan yang sama untuk 79 risiko-risiko yang lain. Gambar 4 mendeskripsikan hasil persentase untuk rating probabilitas, rating akibat, dan tingkat risiko pada proyek pengembangan fasilitas gas setelah dianalisis dengan prosedur ISO 31000.

Dari data risiko yang ada pada Departemen Industrial Plant dan data risiko yang dianalisis menggunakan perhitungan matriks analisis risiko dengan ketentuan ISO 31000, didapatkan perbedaan penentuan rating probabilitas dan rating akibat. Selain itu, pada beberapa peristiwa perbedaan penentuan rating probabilitas dan rating akibat menyebabkan adanya perbedaan hasil perhitungan nilai tingkat/level risiko. Gambar 5 menjelaskan grafik perbedaan (*gap*) antara data dari Departemen Industrial Plant dan hasil analisis menggunakan prosedur ISO 31000. Selanjutnya penelitian ini melakukan analisis lebih lanjut untuk masing-masing peristiwa yang berbeda.

Dari 80 risiko pada proyek pengembangan fasilitas gas terdapat tiga risiko dengan nilai rating probabilitas yang tidak sesuai dengan prosedur, yaitu peristiwa nomor 1, 19, dan 58. Sebagai contoh pada peristiwa nomor 1 diketahui nilai rating probabilitas berdasarkan data dari Departemen Industrial Plant adalah 4, sedangkan setelah dilakukan evaluasi dengan prosedur ISO 31000 diperoleh nilai rating probabilitas sebesar 3.



Gambar 4. Data Rating Probabilitas, Rating Risiko, dan Tingkat Risiko Proyek Pengembangan Fasilitas Gas Berdasarkan Prosedur ISO 31000



Gambar 5. Perbedaan (*Gap*) antara Data dari Departemen Industrial Plant dan Hasil Analisis Menggunakan Prosedur ISO 31000

Untuk nilai rating akibat terdapat 14 risiko yang tidak sesuai antara data Departemen Industrial Plant dengan prosedur ISO 31000 yaitu peristiwa nomor 2, 3, 5, 6, 11, 17, 21, 26, 30, 37, 48, 49, 67, dan 75. Pada peristiwa nomor 2 diketahui nilai rating akibat berdasarkan data dari Departemen Industrial Plant adalah 3, sedangkan setelah dilakukan evaluasi dengan prosedur ISO 31000 diperoleh nilai rating akibat sebesar 1.

Dari penentuan rating probabilitas dan rating akibat, diperoleh 11 risiko yang nilai level risiko atau tingkat risikonya tidak sesuai antara Data PT. X dengan teori atau prosedur ISO 31000, dikarenakan kesalahan dalam perhitungan nilai tingkat risiko atau level risiko. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 4. Kesalahan perhitungan tingkat risiko ini akan berakibat fatal pada proyek, karena penanganan risiko atau tindak lanjutnya akan berbeda setiap risiko, sesuai dengan tingkat risikonya. Misalnya pada risiko yang mempunyai tingkat risiko ekstrim tetapi setelah dihitung menggunakan prosedur yang ada tingkat risikonya adalah rendah. Hal ini akan

Tabel 4. Perbandingan Data Risiko Pada Departemen dan Prosedur ISO 31000

No. Peristiwa	Prob (%)	Akibat (%)	Rating Probabilitas	Rating Akibat	Level Risiko	Perbandingan		Level Risiko
						Departemen Industrial Plant	ISO 31000	
1	70%	5,09%	4	3	EKSTRI M	3	3	EKSTRI M
2	15%	1,31%	2	3	TINGGI	2	1	RENDAH
3	20%	0,71%	2	2	MEDIUM	2	1	RENDAH
5	70%	0%	3	3	EKSTRI M	3	1	MEDIUM
6	30%	5%	2	4	EKSTRI M	2	3	TINGGI
11	30%	5%	2	2	MEDIUM	2	3	TINGGI
17	30%	3,5%	2	3	TINGGI	2	2	MEDIUM
19	40%	7%	3	3	EKSTRI M	2	3	TINGGI
21	30%	5%	2	4	TINGGI	2	3	TINGGI
26	30%	0,20%	2	3	TINGGI	2	1	RENDAH
30	30%	5%	2	4	TINGGI	2	3	TINGGI
37	30%	5%	2	4	TINGGI	2	3	TINGGI
38	30%	6,43%	2	3	EKSTRI M	2	3	TINGGI
48	30%	1%	2	4	EKSTRI M	2	1	RENDAH



No. Peristiwa	Prob (%)	Akibat (%)	Rating Probabilitas	Rating Akibat	Level Risiko	Rating Probabilitas	Rating Akibat	Level Risiko
49	30%	10%	2	3	TINGGI	2	4	EKSTREM
58	10%	2%	2	1	RENDAH	1	1	RENDAH
67	10%	10%	1	4	MEDIUM	1	3	MEDIUM
75	30%	5%	2	4	TINGGI	2	3	TINGGI

mengakibatkan kerugian pada perusahaan karena penanganan yang berlebihan menangani risiko, padahal risiko ini tidak terlalu berpengaruh signifikan pada proyek karena bernilai rendah. Begitu juga sebaliknya, pada risiko yang mempunyai tingkat risiko rendah tetapi setelah dihitung menggunakan prosedur yang ada tingkat risikonya adalah ekstrim. Hal ini akan mengakibatkan perusahaan salah melakukan penanganan risiko dan tidak dapat melakukan tindakan pencegahan pada risiko bernilai ekstrim, padahal seharusnya risiko dengan tingkat risiko ekstrim mendapat penanganan yang utama, tetapi karena kesalahan perhitungan, risiko ini tidak didahulukan.

### 3.2 Mitigasi Risiko

Risiko yang ada pada proyek diidentifikasi dengan mencari risiko yang paling signifikan terjadi pada proyek dalam kurun waktu setahun. Didapatkan 23 risiko yang terus menerus terjadi setiap bulan dalam satu tahun proyek dijalankan. Dari 23 risiko ini kemudian dicari risiko yang mempunyai tingkat risiko yang paling tinggi yaitu risiko dengan nilai ekstrim. Didapatkan 10 risiko paling signifikan dengan nilai ekstrim, yang kemudian akan dijadikan *top 10 risks*. Diambil *top 10 risks* sesuai dengan prosedur Manajemen Risiko yang ada di PT. X sebagai bahan untuk rapat evaluasi dalam rencana tindak lanjut atau mitigasi untuk mengurangi risiko yang paling dominan tersebut terjadi lagi pada proyek yang sama di tahun berikutnya, sebagai tindakan preventif. Mitigasi *top 10 risks* dilakukan dengan cara *brainstorming* dengan pihak Biro Manajemen Risiko dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Rencana Mitigasi Untuk *Top 10 risks* Berdasarkan Tingkat Risiko

No.	Risiko	Tingkat Risiko	Mitigasi (Tindak Lanjut)
1.	Sering terjadi demonstrasi / blokade jalan	EKSTREM	Program CSR dan PKBL disesuaikan dengan kebutuhan sosial setempat. Rekrut tenaga lokal sebagai tenaga keamanan. Pembuatan camp di lapangan untuk seluruh pekerja.
2.	Adanya <i>grey area</i> pembagian <i>scope</i> pekerjaan antar konsorsium untuk aksesories material	EKSTREM	Perlu pembahasan lebih detail mengenai batasan kerja pengadaan material utama dengan material aksesories
3.	<i>Third Party Liability</i>	EKSTREM	Meng-cover dengan asuransi TPL (yang termasuk ke dalam asuransi EAR/CAR)
4.	Keterlambatan <i>progress</i> VDR ( <i>vendor document review</i> ) baik dari kontraktor ataupun vendor	EKSTREM	Mempercepat penyelesaian sistem <i>purchasing</i>
5.	Munculnya polusi / pencemaran akibat pelaksanaan pekerjaan	EKSTREM	<i>Equipment</i> yang digunakan maksimal berumur < 5 thn. Melakukan <i>checking</i> terhadap emisi pencemaran yang ditimbulkan.
6.	Terjadinya kecelakaan kerja	EKSTREM	Klinik intensif oleh SHE Dept ke proyek. Pembekalan bagi <i>Safety Officer</i> dan penanggungjawab SHE. Menempatkan personil <i>Safety Officer</i> di setiap titik lokasi pekerjaan sesuai dengan persyaratan SHE dari <i>owner</i> .



No.	Risiko	Tingkat Risiko	Mitigasi (Tindak Lanjut)
7.	Tidak ada peluang pekerjaan +/- karena kontrak <i>lump sum</i> , dimana terdapat perubahan volume pada bulk material, tanpa adanya perubahan spesifikasi	EKSTRIM	Optimalisasi volume pekerjaan sesuai rencana awal. Desain sebelum di- <i>submit</i> di evaluasi dari sisi harga.
8.	Kenaikan harga material karena proyek <i>multi-years</i>	EKSTRIM	Secara rutin melakukan validasi harga material dan alat
9.	Keterlambatan proses pengurusan <i>masterlist</i>	EKSTRIM	Waktu pengurusan <i>expediting</i> dimulai lebih awal
10.	Subkon <i>commissioning</i> tidak memberikan performansi	EKSTRIM	Menunjuk subkon/penyedia jasa <i>comissioning</i> yang kompeten

Pada penelitian ini dapat diketahui risiko mana yang paling signifikan terjadi dengan tingkat risiko tertinggi pada proyek tersebut yang kemudian dijadikan *top 10 risks* pada proyek sebagai risiko yang akan diajukan untuk bahan evaluasi. Selanjutnya dari *top 10 risks* yang ada kemudian dibuat rencana tindak lanjut untuk menanggulangi risiko tersebut dan untuk mengurangi terjadinya risiko-risiko ini pada tahun berikutnya. Diharapkan risiko ini dapat berkurang probabilitas terjadinya karena sudah dipersiapkan rencana tindak lanjutnya, dan berguna sebagai acuan untuk tindakan pencegahan atau tindakan preventif di proyek ini pada tahun berikutnya.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian yang dilakukan yang pertama adalah dari 80 risiko yang ada pada proyek pengembangan fasilitas gas terdapat kesalahan dalam perhitungan yang mempengaruhi hasil akhir pada tingkat risiko. Terdapat 11 risiko dengan tingkat risiko yang tidak sesuai dengan perhitungan prosedur ISO 31000, dimana terdapat tiga risiko dengan nilai rating probabilitas dan terdapat 14 risiko dengan nilai rating akibat yang tidak sesuai dengan prosedur.

Kedua, dari 23 risiko yang paling signifikan terjadi pada proyek terdapat 10 risiko dengan tingkat risiko tertinggi yaitu risiko bernilai ekstrim. 10 risiko yang paling dominan terjadi dengan tingkat risiko tertinggi ini dijadikan *top 10 risks* pada proyek sebagai risiko yang akan diajukan untuk bahan evaluasi dan selanjutnya *top 10 risks* yang ada kemudian dibuat mitigasi atau rencana tindak lanjut untuk menanggulangi risiko tersebut dan untuk mengurangi terjadinya risiko-risiko ini pada tahun berikutnya.

##### 4.2 Saran

Saran yang dapat diberikan pada penelitian ini yaitu sebaiknya perusahaan menggunakan prosedur manajemen risiko yang telah ditetapkan oleh perusahaan berdasarkan ISO 31000 agar meminimalisir kesalahan dalam penentuan dampak dan tingkat risiko serta penanganannya. Selain itu, perusahaan sebaiknya juga melakukan monitoring pada risiko yang paling dominan terjadi untuk dilakukan tindakan preventif atau pencegahan risiko pada proyek yang sama di tahun-tahun selanjutnya dan lebih memperhatikan lagi risiko yang masih *open* dan risiko yang sudah *closed* pada proyek agar penanganan risiko dapat dilakukan dengan tepat.

#### Daftar Pustaka

- Awalianti, A., 2013, *Tugas Akhir: Penerapan dan Fungsi Manajemen Risiko Fluktuasi Harga Batu Bara Berdasarkan ISO 31000*, Fakultas Ekonomika dan Bisnis Universitas Diponegoro, Semarang.
- Berg, H., 2010, *Risk Management: Procedures, Methods And Experiences*, RT&A # 2(17) Journal (Vol.1) pp. 79-95.
- Duncan, W., R., 2008, *A Guide to the Project Management of Body Knowledge (PMBOK Guide)*, Project Management Institute, 4<sup>th</sup> ed., Pennsylvania, USA.



- Liuksiala, A., 2012, *Master's Thesis: The Use of The Risk Management Standard ISO 31000 in Finnish Organizations*, School of Management Insurance University of Tampere, Finlandia.
- Severian, V., 2014, *Risk Management And Evaluation And Qualitative Method Within The Projects*, ECOFORUM Journal, Vol.3, Issue 1(4), pp. 60-67.
- Sugiyono, 2012, *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D*, Alfabeta, Bandung.
- Tipa, D.,D., P., 2015, *Tugas Akhir: Studi Manajemen Risiko Pada Proyek Konstruksi*, Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Atma Jaya, Yogyakarta.
- Williams, A.M., Davids, K., Burwitz, L., & Williams, J.,G., 1993, *Cognitive knowledge and Soccer Performance*, Perceptual and Motor Skills, No. 76 pp. 579-593.



## Analisis Penjadwalan Produk PT Eksotika Logam Bali (*DECO BALI*) dengan Minimasi Makespan

**Ratna Purwaningsih, Ines Chandra Fitriana**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto SH, Tembalang, Semarang 50275

Telp. (024-7460052)

Email: Ratna.tiundip@gmail.com

### Intisari

*PT.Eksotika Logam Bali merupakan perusahaan industri furniture di Denpasar Bali, yang menjadi supplier perhotelan untuk hotel-hotel lokal maupun mancanegara. Sistem produksinya adalah sistem make to order. Penjadwalan produksi yang dilakukan saat ini adalah secara manual dan seringkali terjadi penyelesaian pekerjaan mundur dari yang dijadwalkan sehingga biaya produksi meningkat. Penelitian ini bertujuan untuk memberikan usulan penjadwalan produk dengan menggunakan software WinQSB untuk meminimasi makespan. Penjadwalan dilakukan pada order Kanufushi Island Project untuk area Beach Villa yang terdiri dari 27 jenis produk furniture. Jenis penjadwalan adalah jobshop dan digunakan prosedur priority dispatching rule dengan aturan Shortest Processing Time (SPT). Hasil dari penjadwalan ini didapatkan waktu 12 hari lebih singkat dibandingkan dengan penjadwalan secara manual. Waktu produksi yang lebih pendek ini dapat mengurangi biaya produksi sebesar Rp189.652.500,-*

*Kata Kunci: penjadwalan, jobshop, minimasi makespan, Shortest Processing Time*

### 1. Pendahuluan

Semakin berkembangnya persaingan global para pemilik perusahaan akan berlomba-lomba untuk memenangkan persaingan. Pada industri pariwisata, perusahaan berlomba-lomba menciptakan tempat-tempat penginapan yang dapat menarik perhatian pengunjung, salah satunya dengan menyediakan fasilitas yang indah. PT.Eksotika Logam Bali atau *Deco Bali* merupakan perusahaan industri *furniture* di Denpasar Bali, yang menjadi *supplier* perhotelan untuk hotel-hotel lokal maupun mancanegara. PT.Eksotika Logam Bali adalah salah satu perusahaan yang menyuplai *furniture* untuk hotel-hotel yang ada di Republik Maladewa. Produk dari *Deco Bali* diantaranya: *amenities product, indoor furniture, outdoor furniture, spa furniture & accessories product, artworks product, boutique accessories product*.

Sistem produksi *Deco Bali* adalah sistem *make to order* dimana proses produksi akan dilakukan setelah adanya order. Setelah calon *client* setuju dengan harga yang ditawarkan, kemudian akan turun *purchase order* yang berisi tanggal kirim yang telah disepakati oleh kedua belah pihak. Setelah semua proses administrasi ini berjalan maka order tersebut akan diproduksi. Dari tanggal kirim yang telah ditetapkan, akan dilakukan penjadwalan produksi yang mana disesuaikan dengan batas waktu pengiriman, sehingga dapat sampai ke tangan *client* tepat waktu. Penjadwalan produksi ini mengacu pada tanggal yang akan dijadikan *timeline* sehingga dalam setiap proses produksi telah ditentukan kira-kira berapa waktu yang dibutuhkan setiap proses untuk dapat selesai, tetapi dalam realisasinya seringkali jadwal tersebut melebihi penjadwalan awal. Berbagai *order* yang diterima memiliki variasi produk serta jumlah yang berbeda, hal ini membuat tim produksi cukup kewalahan dalam mengatur penjadwalan produksi. Tak hanya variasi order yang berbeda, seringkali juga terjadi masalah-masalah yang menyebabkan waktu produksi mundur dari jadwal yang telah di sepakati antar kedua pihak.



Penjadwalan produksi didefinisikan sebagai proses pengalokasian sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu (Baker,1974). Dalam definisi tersebut, dinyatakan bahwa penjadwalan berfungsi sebagai alat pengambilan keputusan dalam menetapkan kapan produk tersebut akan dibuat dan berapa banyak produk yang harus dibuat. Penjadwalan produksi yang dilakukan hingga saat ini masih secara manual. Hal ini seringkali membuat biaya menjadi meningkat dikarenakan jadwal yang telah disusun tidak dapat diselesaikan tepat waktu. Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah (1) melakukan penjadwalan produksi untuk order Kanufushi Island untuk area Beach Villa dengan menggunakan metode *jobshop*, (2) menentukan rata-rata *flow process time* dalam memproduksi produk *amenities* dan *furniture* serta untuk mengetahui *makespan* yang dapat diminimasi agar dapat menekan biaya produksi.

Tipe-tipe lingkungan penjadwalan dalam sistem produksi, antara lain: *Classic job Shop*, *Open job Shop*, *Batch Shop*, *Flow Shop*, *Batch / Flow Shop*, *Manufacturing Cell*, *Assembly Shop*, *Assembly Line*. Bedworth (1987) mengidentifikasi beberapa tujuan dari aktivitas penjadwalan sebagai berikut (1) meningkatkan penggunaan sumber daya atau mengurangi waktu tunggu sehingga total waktu proses dapat berkurang dan produktivitas meningkat, (2) mengurangi persediaan barang setengah jadi, (3) mengurangi sejumlah pekerjaan yang menunggu dalam antrian ketika sumber daya yang ada masih mengerjakan tugas yang lain (4) mengurangi beberapa keterlambatan pada pekerjaan sehingga akan meminimasi *penalty cost* (biaya keterlambatan), (5) membantu pengambilan keputusan mengenai perencanaan kapasitas pabrik.

Mellor (1996) memberikan solusi mengenai permasalahan *sequencing* pada *job shop scheduling*. Study yang dilakukan Mellor lebih kepada mengkaji permasalahan-permasalahan yang terjadi pada *job shop scheduling* kemudian memberikan solusinya. Muluk (2008) membuat *job shop scheduling* produksi dengan kriteria minimasi *makespan* dengan metode penjadwalan *job shop* Giffler Thompson algoritma heuristik, yang dibandingkan dengan modul penjadwalan di *software* Quant System (QS) dengan aturan SPT. Penelitian menunjukkan bahwa penjadwalan menggunakan QS lebih efisien sebesar 11,70%. Sedangkan Prasetyo (2005) menggunakan algoritma heuristik dengan aturan prioritas *Least Slack Remaining (LSKR)*, dari penelitian diperoleh lebih kecil 34% jika dibandingkan dengan hasil penjadwalan dengan bantuan software QS.

Metode penjadwalan *jobshop* sesuai untuk kasus pada *Deco Bali* karena beberapa alasan (1) *job shop* menangani variasi produk yang sangat banyak dengan pola aliran yang berbeda-beda melalui *work center*, (2) peralatan pada *job shop* digunakan secara bersama-sama oleh dalam proses produksi bermacam-macam *order*, (3) *job-job* yang berbeda mungkin ditentukan oleh prioritas yang berbeda pula, hal ini mengakibatkan order tertentu yang dipilih harus diproses seketika pada saat *order* tersebut ditugaskan pada suatu *work center*. Untuk menyelesaikan permasalahan *job shop* menggunakan *priority rules* dengan aturan *Shortest Processing Time (SPT)* dimana *job* diurutkan berdasarkan waktu proses yang terkecil pada urutan pertama. Output dari perhitungan ini adalah jumlah WIP, *Flow Time* dan *lateness* yang terkecil.

## 2. Metodologi

Pada periode 1 Juni hingga 18 Juli 2015 *Deco Bali* sedang mengerjakan *Kanufushi Island Project* untuk area *Beach Villa* yang terdiri dari 27 jenis produk *furniture*. Setiap jenis *furniture* akan dianggap sebagai 1 *job*. Untuk penjadwalan 27 *job* tersebut dengan metode *priority rules* ada beberapa langkah yang harus dilakukan yaitu (1) pengumpulan data, (2) Input data ke dalam *software* dan (3) analisa data *output* dari *software*. Untuk pengumpulan data, beberapa data yang diperlukan adalah :

1. Urutan operasi setiap *job* dan mesin yang digunakan
2. Lamanya waktu operasi atau waktu permesinan,
3. *Due date* setiap *job*.



Data waktu produksi di setiap mesin untuk setiap *job* diperoleh dari dokumen perusahaan berdasarkan data historis dari produk sejenis pernah atau sering dibuat oleh perusahaan. Pengumpulan data dilakukan pada 11 Februari 2016. Untuk data utilitas listrik dan air diperoleh dengan wawancara, data ini diperlukan untuk melakukan analisa besarnya penghematan biaya sebagai hasil reduksi hari kerja dengan penjadwalan dengan software. Penjadwalan dengan software diharapkan memberikan hasil yang lebih optimal dibanding penjadwalan manual.

Setelah data diperoleh, langkah berikutnya adalah input data ke dalam software WinQSB, langkah yang dilakukan adalah:

1. Pilih atau klik new problem pada menu file.
2. Masukkan informasi seperti *number of jobs to be scheduled, number of machine, maximum number of operation* serta *time unit*.
3. Masukkan waktu proses operasi, mesin yang digunakan, dan due date dari *job, weight, dan priority index*.

Dalam proses *solve problem* software WinQSB dilakukan *primary heuristic rule SPT* (memilih operasi dengan waktu operasi yang terpendek), kemudian program akan melakukan running. Logika matematika dari software dalam meminimasi make span mengikuti formulasi berikut :

$$\begin{aligned} \text{Minimasi } M_s &= \sum_{i=1}^n t_i \dots\dots\dots(1) \\ \text{TC} &= \text{biaya overhead} + \text{biaya langsung} \dots\dots\dots(2) \\ \Delta\text{TC} &= \text{TC}_1 - \text{TC}_2 \dots\dots\dots(3) \\ \text{s.t: } t_i &\geq 0 \end{aligned}$$

Keterangan:

- $M_s$  = Jangka waktu penyelesaian suatu penjadwalan yang merupakan jumlah seluruh waktu proses (hari)
- $t_i$  = Waktu proses yang dibutuhkan per *job*  $i$  (hari)
- TC = keseluruhan jumlah biaya produksi yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk mendanai aktivitas produksi (Rp)

*Output* dari *software WinQSB* berupa *job schedule* serta *machine schedule* untuk menunjukkan penjadwalan *job* serta penjadwalan mesin serta terdapat *ganttt chart for job* untuk melihat hasil perencanaan penjadwalan.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Produk yang akan diproduksi untuk *Kanufushi Island Project* untuk setiap 1 produk akan dihitung sebagai 1 *job*, dimana terdapat 27 *job* dengan rincian seperti pada Tabel 1. Untuk setiap *job* yang dikerjakan memiliki 3 operasi yaitu *cutting, assembling* dan *finishing* dengan waktu proses (dalam satuan jam). Dari waktu proses produksi tersebut akan dikerjakan menggunakan mesin berbeda, dimana terdapat 2 mesin *cutting*, 2 mesin *assembling*, serta 7 mesin *finishing*. Selain waktu proses dan mesin yang digunakan, dibutuhkan informasi tambahan berupa *due date*. *Due date* merupakan batas waktu *job* akan diselesaikan.

Pengolahan data dilakukan dengan menggunakan *software WinQSB* dengan aplikasi *job shop* dengan aturan SPT (*short processing time*) untuk mencari *makespan* yang dapat dihitung dengan formulasi (1). *Software* akan mengurutkan setiap *job* berdasarkan waktu pengerjaan yang lebih singkat akan didahulukan. Untuk dapat melakukan penjadwalan pada *software WinQSB* dibutuhkan input berupa jumlah *job*, operasi, waktu, *due date* serta mesin yang digunakan.

Untuk seluruh data yang dibutuhkan disajikan dalam Table 1. Sebagai contoh, *job* 1 (minibar *bv*) akan melalui operasi *cutting* selama 9 jam menggunakan mesin 1 serta *due date* untuk *job* 1 sebesar 48 jam. *Job* yang memiliki waktu terlama adalah *job* 22 (*Pots for outer walkway*) dan *job* 23 (*Umbrella holder*) yang memiliki waktu proses sebesar 96 jam.





Tabel 1 *Job kanufushi island project*

No	Job	mesin yang digunakan			waktu proses			due date (jam)
		operasi	operasi	operasi	operasi	operasi	operasi	
		1	2	3	1	2	3	
1	Mini bar bv	1	3	5	9	10	13	48
2	Wardrobe bv	2	4	6	13	10	17	56
3	Luggage bench bv	1	3	5	6	7	11	40
4	Console bv	2	4	5	7	6	11	40
5	Side table bv	1	3	7	14	15	19	64
6	Bed frame bv	2	4	5	10	10	12	64
7	Head board bv j-07	1	3	8	9	9	14	56
8	Tv cabinet bv	2	4	7	13	15	20	64
9	Daybed bv	1	3	8	10	9	13	72
10	Vanity for beach villa	2	4	9	21	23	28	88
11	Study table	1	3	6	16	17	23	72
12	Study chair	2	4	8	9	10	13	64
13	Mirror	1	3	10	16	16	24	72
14	Outdoor table	2	4	10	15	15	18	72
15	Outdoor chair	1	3	11	14	15	19	72
16	Outdoor sofa	2	4	9	13	14	21	72
17	Sun bed	1	3	11	18	17	21	88
18	Waste bin for minibar	2	4	6	15	13	20	48
19	Ladder for towel hanger	1	3	9	7	6	11	48
20	Stool for bathroom	2	4	6	4	5	7	40
21	Artwork for walkway	1	3	6	6	6	12	40
22	Pots for outer walkway	2	4	10	27	28	41	96
23	Umbrella holder	1	3	10	26	30	40	96
24	Bv wall panel 1	2	4	5	20	19	25	80
25	Bv wall panel 2	1	3	5	18	21	25	80
26	Bench for vanity	2	4	9	6	5	13	56
27	Sun umbrella	1	3	9	12	11	25	80

Berdasarkan hasil output dari *software WinQSB* didapatkan hasil dari waktu proses dalam satuan jam, kemudian di konversi menjadi satuan hari dengan cara membaginya dengan 8 jam. Hasil konversi berupa penjadwalan untuk masing-masing *job* dalam satuan hari kerja yang terdiri dari *process time*, *start time* dan *finish time*. Hasil konversi penjadwalan *software* dapat dilihat pada Tabel 2.

Sebagai contoh pada hari pertama, akan dilakukan proses *cutting* untuk *job 3 (Luggage bench bv)* dengan *process time* 1 hari maka proses *cutting* dengan mesin 1 dan akan selesai pada hari ke-2. Pada hari yang sama akan dilakukan proses *cutting* untuk *job 20* menggunakan mesin 2, kemudian akan dilanjutkan oleh *job-job* lain yang telah dijadwalkan menggunakan aturan SPT oleh *software WinQSB*. Berdasarkan hasil konversi dapat dilihat bahwa *process time* yang terlama adalah operasi ke tiga untuk *job 22* yaitu 6 hari proses.



Tabel 2. Konversi *job scheduling* dalam satuan hari

No	Job	Operation	On Machine	Process Time	Start Time	Finish Time	No	Job	Operation	On Machine	Process Time	Start Time	Finish Time
1	Job 1	1	Machine 1	2	4	5	42	Job 14	3	Machine 10	3	15	18
2	Job 1	2	Machine 3	2	5	6	43	Job 15	1	Machine 1	2	10	11
3	Job 1	3	Machine 5	2	8	9	44	Job 15	2	Machine 3	2	11	13
4	Job 2	1	Machine 2	2	8	10	45	Job 15	3	Machine 11	3	13	16
5	Job 2	2	Machine 4	2	10	11	46	Job 16	1	Machine 2	2	7	8
6	Job 2	3	Machine 6	3	11	14	47	Job 16	2	Machine 4	2	8	10
7	Job 3	1	Machine 1	1	1	2	48	Job 16	3	Machine 9	3	12	15
8	Job 3	2	Machine 3	1	2	3	49	Job 17	1	Machine 1	3	18	20
9	Job 3	3	Machine 5	2	3	4	50	Job 17	2	Machine 3	3	20	22
10	Job 4	1	Machine 2	1	2	3	51	Job 17	3	Machine 11	3	22	25
11	Job 4	2	Machine 4	1	3	3	52	Job 18	1	Machine 2	2	10	12
12	Job 4	3	Machine 5	2	4	6	53	Job 18	2	Machine 4	2	12	13
13	Job 5	1	Machine 1	2	8	10	54	Job 18	3	Machine 6	3	14	16
14	Job 5	2	Machine 3	2	10	11	55	Job 19	1	Machine 1	1	2	3
15	Job 5	3	Machine 7	3	11	14	56	Job 19	2	Machine 3	1	3	4
16	Job 6	1	Machine 2	2	4	5	57	Job 19	3	Machine 9	2	4	5
17	Job 6	2	Machine 4	2	5	6	58	Job 20	1	Machine 2	1	1	1
18	Job 6	3	Machine 5	2	6	8	59	Job 20	2	Machine 4	1	1	2
19	Job 7	1	Machine 1	2	3	4	60	Job 20	3	Machine 6	1	2	2
20	Job 7	2	Machine 3	2	4	5	61	Job 21	1	Machine 1	1	1	1
21	Job 7	3	Machine 8	2	7	8	62	Job 21	2	Machine 3	1	1	2
22	Job 8	1	Machine 2	2	5	7	63	Job 21	3	Machine 6	2	2	4
23	Job 8	2	Machine 4	2	7	8	64	Job 22	1	Machine 2	4	19	22
24	Job 8	3	Machine 7	3	8	11	65	Job 22	2	Machine 4	4	22	26
25	Job 9	1	Machine 1	2	5	6	66	Job 22	3	Machine 10	6	26	31
26	Job 9	2	Machine 3	2	6	7	67	Job 23	1	Machine 1	4	20	23
27	Job 9	3	Machine 8	2	8	10	68	Job 23	2	Machine 3	4	23	27
28	Job 10	1	Machine 2	3	16	19	69	Job 23	3	Machine 10	5	31	36
29	Job 10	2	Machine 4	3	19	22	70	Job 24	1	Machine 2	3	14	16
30	Job 10	3	Machine 9	4	22	25	71	Job 24	2	Machine 4	3	16	18
31	Job 11	1	Machine 1	2	11	13	72	Job 24	3	Machine 5	4	18	22
32	Job 11	2	Machine 3	3	13	15	73	Job 25	1	Machine 1	3	15	18
33	Job 11	3	Machine 6	3	16	19	74	Job 25	2	Machine 3	3	18	20
34	Job 12	1	Machine 2	2	3	4	75	Job 25	3	Machine 5	4	22	25
35	Job 12	2	Machine 4	2	4	5	76	Job 26	1	Machine 2	1	1	2
36	Job 12	3	Machine 8	2	5	7	77	Job 26	2	Machine 4	1	2	2
37	Job 13	1	Machine 1	2	13	15	78	Job 26	3	Machine 9	2	2	4
38	Job 13	2	Machine 3	2	15	17	79	Job 27	1	Machine 1	2	6	8
39	Job 13	3	Machine 10	3	18	21	80	Job 27	2	Machine 3	2	8	9
40	Job 14	1	Machine 2	2	12	14	81	Job 27	3	Machine 9	4	9	12
41	Job 14	2	Machine 4	2	14	15							



Berdasarkan hasil penjadwalan menggunakan *software* WinQSB diperoleh *makespan* sebesar 36 hari atau dengan kata lain, sedangkan dengan penjadwalan manual yang dapat dilihat pada Tabel 3. yang berasal dari dokumen perusahaan, diperoleh *makespan* 48 hari.

Tabel 3. Penjadwalan manual perusahaan dalam satuan hari

NO	ITEM	3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48
1	Mini bar bv																
2	Wardrobe bv																
3	Luggage bench bv																
4	Console bv																
5	Side table bv																
6	Bed frame bv																
7	Head board bv j-07																
8	Tv cabinet bv																
9	Daybed bv																
10	Vanity for beach villa																
11	Study table																
12	Study chair																
13	Mirror																
14	Outdoor table																
15	Outdoor chair																
16	Outdoor sofa																
17	Sun bed																
18	Waste bin for minibar																
19	Ladder for towel hanger																
20	Stool for bathroom																
21	Artwork for walkway																
22	Pots for outer walkway																
23	Umbrella holder																
24	Bv wall panel 1																
25	Bv wall panel 2																
26	Bench for vanity																
27	Sun umbrella																

Dengan penjadwalan yang dihasilkan dari *software* diperoleh penyelesaian *job* yang lebih pendek, hal ini dapat menghasilkan penghematan biaya produksi dengan rincian sebagai berikut:

Biaya utilitas seperti air, listrik serta tenaga kerja. Berdasarkan data perusahaan di dapatkan bahwa:

- Penggunaan listrik untuk 1 bulan (25 hari kerja) adalah Rp 4.000.000,-
- Penggunaan air untuk 1 bulan (25 hari kerja) adalah Rp 800.000,-



Dalam menyelesaikan Kanufushi Island *Project* untuk area *Beach Villa* dibutuhkan 30 pekerja dengan rincian :

Tabel 4 biaya pekerja

No	pekerja	Jumlah pekerja	Gaji
1	senior carpenter	5	\$50/day/person
2	staff carpenter	10	\$35/day/person
3	Senior finishing	4	\$50/day/person
4	Staff finishing	6	\$35/day/person
5	helper	5	\$35/day/person
Total biaya pekerja			\$1125/day

Jika di konversi dalam rupiah dengan kurs USD saat ini (Rp 13.175,- berdasarkan www.bi.go.id) adalah sebesar: Rp 15.612.375,-, sehingga:

- berdasarkan perhitungan dengan penjadwalan manual dibutuhkan waktu 48 hari dengan membutuhkan biaya sebesar:
 
$$TC_1 = \text{biaya overhead (listrik dan air)} + \text{biaya langsung (pekerja)}$$

$$TC_1 = \frac{48}{25} ((Rp\ 4.000.000,- + Rp\ 800.000,-) + (Rp\ 15.612.375,-))$$

$$TC_1 = Rp\ 758.610.000$$
- berdasarkan perhitungan dengan penjadwalan *software* dibutuhkan waktu 36 hari dengan membutuhkan biaya sebesar
 
$$TC_2 = \text{biaya overhead (listrik dan air)} + \text{biaya langsung (pekerja)}$$

$$TC_2 = \frac{36}{25} ((Rp\ 4.000.000,- + Rp\ 800.000,-) + (Rp\ 15.612.375,-))$$

$$TC_2 = Rp\ 568.957.500$$
- dengan memasukkan biaya 1 sebesar Rp 758.610.000 dan biaya 2 sebesar Rp 568.957.500 ke dalam formulasi 3 akan diperoleh nilai  $\Delta TC = Rp\ 189.652.500,-$

Dengan menggunakan penjadwalan ini menghasilkan *saving* sebesar Rp 189.652.500 (25% dari biaya awal) karena proses produksi dapat selesai 12 hari lebih cepat. Hal ini dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan karena selain meminimasi biaya produksi juga dapat mengurangi kemungkinan risiko biaya *penalty* akibat keterlambatan pengiriman. Peluang penerapan penggunaan penjadwalan dengan menggunakan *software* pada *DECO BALI* cukup besar karena perusahaan ini terus berkembang sehingga jumlah permintaan akan terus meningkat sehingga dibutuhkan metode penjadwalan baru untuk dapat memudahkan penjadwalan proses produksi perusahaan. Akan tetapi terdapat kendala dalam penerapan di perusahaan. Mengingat proses produksi yang dilakukan lebih banyak menggunakan sumber daya manusia maka diperlukan persiapan berupa mengembangkan *skill* pekerja agar produktivitas pekerja dapat meningkat. Sehingga proses produksi yang dilakukan dapat berjalan sesuai dengan penjadwalan *software*.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Setelah dilakukan penjadwalan untuk Kanufushi Island *Project* dengan metode *job shop* dengan prosedur *priority dispatching rule* (aturan *Shortest Processing Time*) yaitu mengurutkan *job* berdasarkan waktu proses yang terkecil pada urutan pertama. Dengan menggunakan *software WinQsb* diperoleh *makespan* sebesar 36 hari atau dengan kata lain, seluruh *job* akan selesai diproduksi pada tanggal 6 juli, sedangkan dengan penjadwalan manual diperoleh *makespan* 48 hari. Dalam penjadwalan manual telah diperhitungkan *allowance-allowance* yang diberikan kepada pekerja dalam menyelesaikan suatu *job*, yaitu seperti *personal allowance*, *fatigue allowance*, dan *delay allowance*, karena bagian PPIC juga memandang segi operator. Selain itu dari perhitungan dapat diketahui bahwa perbedaan biaya yang dihasilkan dengan penjadwalan dengan menggunakan *software WINQSB* adalah sebesar Rp 189.652.500,-



Saran yang dapat penulis agar perusahaan sebaiknya mengkaji ulang sistem penjadwalan suatu *job*, sebaiknya digunakan kombinasi penjadwalan *software* tetapi tetap memperhitungkan *allowance* sehingga, *makespan* yang diperlukan dalam menyelesaikan project dapat diminimalisir dan biaya produksi yang dikeluarkan kecil dan untuk studi berikutnya di PT Eksotika Logam Bali untuk dapat melakukan kajian lebih dahulu melalui literatur atau jurnal mengenai penjadwalan *jobshop* sebelum terjun ke lantai produksi. *Trade off* dari penjadwalan menggunakan *software* adalah belum diperhitungkan *allowance* untuk pekerja.

#### Daftar Pustaka

- Baker, Kenneth R, 1974, *Introducing to sequencing and scheduling*. John Wiley & Sons. New York
- Bedworth D., 1987, *Integrated Production Control System*. John Wiley & Sons, New York
- Ginting, Rosnani. 2007. *Sistem Produksi*, edisi pertama, Graha ilmu, Yogyakarta.
- Hartini, Sri. 2011. *Teknik Mencapai Produksi Optimal*, Lubuk Agung, Bandung.
- Mellor, P. 1996. *A Review of job Shop Scheduling*, the OR Society, pp 161-171.
- Muluk, Asmuliardi. 2008 . *Penjadwalan job shop dengan kriteria minimasi makespan* (studi kasus di *workshop* PT. Semen padang), *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, Universitas Andalas.
- Prasetyo, S., Soeparno. 2005. *Penjadwalan job Shop Untuk Meminimasi Makespan* (Studi Kasus di PT. Fuji Dharma Electric). *Prosiding Seminar Nasional Manajemen Teknologi II Program Studi MMT-ITS, Surabaya*.
- Sinulingga, Sukaria. 2009. *Perencanaan & Pengendalian Produksi*, Cetakan Pertama, Graha Ilmu, Yogyakarta.
- Sutalaksana, I, Z., Anggawisastra, Ruhana, dan Tjakraadmadji, J.H. 1979, *Teknik Tata Cara Kerja*. Institut Teknologi Bandung, Bandung.
- The Deco Bali Collection* [www.deco-bali.com](http://www.deco-bali.com) diakses pada 15 maret 2016.



## Optimalisasi Cetakan Busa Poliuretan Kaku Pengganti Material Triplek

**Daru Adiputra Pidheksa**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Program S1 UAJY-ATMI,  
Universitas Atma Jaya Yogyakarta  
Jl. Babarsari 44, Yogyakarta 55281, Indonesia.  
Telp. (0274) 487711, Fax. (0274) 487748  
E-mail: adiputra662266@gmail.com

### Intisari

*Papan multipleks merupakan salah satu bahan utama dalam pembangunan baik rumah maupun bangunan lainnya. Industri kayu sedang mengalami permasalahan pada bahan baku utama dalam pembuatan papan multipleks. Pengusaha industri kayu di daerah Serengan, Surakarta, Jawa Tengah juga mengalami hal yang serupa. Salah satu pengusaha mengeluhkan harga bahan yang terus naik, dan susah didapatkan. Busa Poliuretan merupakan bahan sintetik yang karakteristiknya menyerupai karakter kayu dengan memiliki kelebihan utama lainnya. Busa Poliuretan memainkan peran utama dalam bahan modern seperti kayu komposit. Busa Poliuretan masih memiliki kekurangan dalam perbandingan kekuatan sebagai pengganti papan multipleks. Metode kreatif digunakan untuk mendapatkan atribut produk. Untuk memunculkan variasi dalam perancangan ini dilakukan proses brainstorming dengan berbagai pihak. Selanjutnya dilakukan penilaian dari beberapa produk uji coba untuk mendapatkan desain terbaik.*

*Kata kunci: Papan multipleks, metode kreatif, Busa Poliuretan, Pengganti Kayu, Standar Nasional Indonesia*

### 1. Pendahuluan

Sepanjang tahun 2009 industri kayu Indonesia belum menggembirakan, terutama terkait dengan pasokan bahan baku yang semakin menurun. Berdasarkan data Masyarakat Perakayuan Indonesia (MPI), selama 8 tahun terakhir hingga 2008, sebanyak 105 industri kayu lapis di Indonesia bangkrut. Akibatnya 300.000 pekerjaannya kehilangan pekerjaan. Pengusaha Panel Kayu Indonesia (Apkindo) Abbas Adhar mengatakan “nilai ekspor panel kayu nasional hingga akhir 2009 tercatat US\$ 839.000, turun tajam dibandingkan dengan nilai ekspor 2008 sebesar US\$ 1,3 miliar”. Menurut Abbas, volume produksi kayu panel 2009 tercatat 2,1 juta m<sup>3</sup>, sedangkan jumlah produksi kayu panel 2008 mencapai 2,9 juta m<sup>3</sup> (Sihombing, 2009). Pada akhir tahun 70-an dan di awal dari tahun 80-an abad ke-20, prinsip kayu lapis dapat digunakan asal menurut OSB (oriented structural boards). Produk lain dari kelompok dari kayu rekayasa adalah: Parallam PSL, Intrallam LSL, Microllam LVL dan TJI balok. Menurut Sharp, dkk. (cit., Baoetal, 1996), produk-produk ini menggabungkan sifat kayu, sehingga memungkinkan untuk menggunakan sumber daya alam yang lebih ekonomis. Selain gabungan fungsi statis dari kayu, plywood menghasilkan berbagai fungsi khusus, misalnya termal dan isolasi yang. Melalui dua kombinasi yang berasal dari bahan, sehingga menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan bahan yang terpisah (Kral dan Hrázský, 2006). Busa Poliuretan dibentuk karena reaksi alkohol dengan lebih dari dua kelompok *reactive hydroxyl* per molekul (*polyol*) dengan *diisocyanate* atau *polymeric isocyanate* dengan adanya *catalysts* and *additives* yang cocok, karena berbagai *diisocyanates* dan berbagai jenis *polyol* dapat digunakan untuk menghasilkan *polyurethan* hasilnya dapat diproduksi untuk memenuhi kebutuhan aplikasi khusus.

Busa Poliuretan memainkan peran utama dalam bahan modern, seperti kayu komposit. Papan berbasis poliuretan digunakan dalam produk kayu komposit untuk lem bahan organik menjadi papan partikel, medium-density fiberboard, dan long-strand lumber.



Busa Poliuretan Padat merupakan bahan yang dapat diaplikasikan pada bidang bahan *isolator* suhu antara lain kulkas, *freezers*, truk pendingin, wadah pendingin, gedung pendingin, konstruksi bangunan, kimia dan *petro-chemical plants*, pemanas air, kotak es portable, dan botol termos.

Dewasa ini telah banyak upaya yang dilakukan orang untuk dapat mereduksi penggunaan papan *plywood* (papan triplek), dengan beralih ke papan rekayasa yang memiliki sifat sama. Papan tersebut dalam suatu bangunan biasanya berperan sebagai pembentuk, peredam suara dan penguat, yang dipasang pada dinding pemisah (partisi), lantai, dan plafon. Busa Poliuretan Kaku adalah suatu bahan yang dapat menggantikan *plywood*, karena memiliki sifat sama seperti yang dimiliki *plywood* dan sifat-sifat tambahan lainnya. Material ini mempunyai peranan penting dalam menggantikan peranan *plywood*, sehingga mendapatkan kepuasan dari optimalisasi material ini.

Optimalisasi adalah hasil yang dicapai sesuai dengan keinginan, jadi optimalisasi merupakan pencapaian hasil sesuai harapan secara efektif dan efisien. Menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia optimalisasi berasal dari kata optimal yang berarti terbaik, tertinggi.

Ishikawa (2002) menyatakan *Quality Control* adalah suatu kegiatan meneliti, mengembangkan, merancang dan memenuhi kepuasan konsumen, memberi pelayanan yang baik dimana pelaksanaannya melibatkan seluruh kegiatan dalam perusahaan mulai dari pimpinan teratas sampai karyawan pelaksana. Feightbom (2008) menyatakan *Quality Control* adalah suatu sistem yang efektif untuk mengintegrasikan kegiatan – kegiatan pemeliharaan dan pengembangan mutu dalam suatu organisasi sehingga dapat diperoleh produksi dan servis dalam tingkat yang paling ekonomis dan memuaskan konsumen. Ishita Nobuyuki (2010) menyatakan *Quality Control* adalah aktivitas memelihara dan memperbaiki produk dan service yang ditawarkan kepada perusahaan, quality control bukan hanya menjadi tanggung jawab bagian quality control saja, tetapi seluruh karyawan atau pihak menjadi satu kesatuan memecahkan masalah ini.

## 2. Metodologi

Metodologi penelitian adalah suatu tahapan yang dicapai dalam menulis sebuah karya ilmiah. Metodologi penelitian diperlukan agar penelitian yang dilakukan dapat ditulis secara urut, tertata, dan sistematis. Metodologi penelitian berisi tentang tahap-tahap penelitian yang dilalui dari penulisan pendahuluan hingga laporan. Berikut ini adalah penjelasan detail mengenai urutan metodologi penelitian yang digunakan dalam penelitian ini.

### 2.1. Data Penelitian

Data yang diperlukan dalam penelitian dapat membantu proses

1. Larutan Poliuretan (raw material).
2. Larutan Polioliol (pengembang/foaming agen).
3. Lama pengeringan.
4. Temperatur pengeringan.
5. Cetakan Specimen yang akan diuji.
6. Alat uji kuat tarik.
7. Alat uji kuat patah.
8. Foto dokumentasi pembuatan dan pengujian.
9. Waktu pengerjaan.
10. Standart SNI sebagai pembanding hasil uji coba.



## 2.2. Cara Pengambilan Data

Pengambilan data dilakukan dengan berbagai cara, yaitu:

1. Studi pustaka dari jurnal maupun penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan pengujian material dan pengoptimalisasian parameter permesinan sebagai dasar penelitian.
2. *Brainstorming* dilakukan peneliti bersama dengan dosen pembimbing dan pemilik CV. Uber Sakti untuk mendapatkan criteria pendukung produk sebagai objek penelitian.
3. Proses pembuatan specimen produk untuk penelitian.
4. Proses uji coba di Lab. Balai Besar Kulit Karet dan Plastik.

## 2.3. Alat dan Bahan selama Proses Penelitian

Untuk membantu proses penelitian dibutuhkan alat sebagai berikut:

1. Mesin uji di Lab. Balai Besar Kulit Karet dan Plastik untuk penelitian.
2. Cetakan (mold) untuk specimen.
3. Larutan Poliuretan.
4. Larutan Polioliol.

## 2.4. Langkah-Langkah Penelitian

Langkah-langkah penelitian yang dilakukan guna menyelesaikan penelitian ini meliputi beberapa tahapan, antara lain:

1. Identifikasi Masalah  
Identifikasi masalah ini meninjau dari program yang diajukan oleh pihak CV. Uber Sakti untuk menjadikan masalah material Busa Kaku Poliuretan dapat digunakan untuk menggantikan material kayu dalam membentuk produk papan triplek.
2. Studi Pustaka  
Studi Pustaka dilakukan untuk mencari referensi yang mendukung untuk penelitian ini guna mendapatkan parameter pendekatan untuk proses permesinan. Referensi dapat dicari melalui buku, jurnal resmi penelitian, skripsi terdahulu, dan internet. Pencarian referensi terkait penelitian tentang material busa kaku poliuretan, proses pencetakan Busa kaku poliuretan, cetakan (mold), Uji Standart material, Standart SNI dalam papan multiplek, dan peneliti mendalami proses perbandingan untuk membandikan hasil dari penelitian.
3. Studi Lapangan  
Tahap penelitian dalam pembuatan material Busa Kaku Poliuretan dilakukan peneliti di pabrik milik CV. Uber Sakti, dan proses untuk pembuatan cetaknya.
4. Proses pembuatan cetakan untuk Specimen  
Tahap ini peneliti membuat cetakan untuk membuat produk agar sesuai dengan criteria yang ditentukan, sehingga dapat dilakukannya uji coba kekuatan tarik dan patah.
5. Proses Pembuatan Specimen  
Tahap ini dilakukan setelah cetakan telah dibuat. Specimen yang dibuat dengan beberapa variasi sesuai dengan tahapan metode penelitian sesuai dengan yang di pilih oleh peneliti yaitu *Taguchi Methode*.
6. Proses test tarik dan patah  
Proses uji coba dilakukan peneliti bekerja sama dengan Kementerian Perindustrian di Balai Besar Kulit Karet dan Plastik. Pengujian dilakukan berdasarkan standar pengujian ASTM.
7. Proses membandingkan hasil  
Hasil dari pengujian dip roses dan dibandingkan dengan Standar SNI untuk mendapatkan hasil dari pertanyaan “apakah material Busa Kaku Poliuretan dapat menggantikan material kayu dalam produk papan multiplek”.
8. Analisis dan Pembahasan





Tahap ini peneliti menganalisa hasil proses perbandingan dan beberapa proses analisa dari segi harga produksi sesuai dengan permintaan CV. Uber Sakti.

9. Penarikan Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan, peneliti menarik kesimpulan yang telah didapat dari proses analisis dan pembahasan.

**3. Hasil dan Pembahasan**

**3.1. Analisis Optimalisasi Manufaktur dengan Metode Taguchi**

3.1.1. Pemilihan *Orthogonal Array*

Untuk menentukan *Orthogonal Array* yang akan digunakan, maka dibutuhkan factor-faktor yang diduga berpengaruh secara significant. Factor-faktor tersebut didapat dari proses *Brainstorming* peneliti bersama tim. Pada proses *brainstorming* didapat empat factor yang diduga dapat berpengaruh padah kekuatan materil secara signifikan. Salah satu factor yang akan disetting pada dua level dan tiga factor yang lain akan disetting pada empat level. Berikut tabel yang menjelaskan factor dan level dari *Orthogonal Array*.

Tabel 3.1. Faktor dan Level untuk *Orthogonal Array*

Faktor		Level			
		1	2	3	4
Lama Pengeringan		12 Jam	24 Jam	36 Jam	48 Jam
Konsentrasi larutan	Larutan A	1	2	3	4
	Larutan B	1	2	3	4
Temperatur		Indoor	Outdoor		

*Software mini tab 2014* digunakan untuk mencari *Orthogonal Array*. Hasil dari penggunaan software mini tab 2014 didapat  $L_{16} (4^3 \times 2)$ .  $L_{16} (4^3 \times 2)$  karena desain ini merupakan desain yang paling optimal jumlah spesimennya dibandingkan dengan desain yang lain. Hal ini ditujukan mendapatkan hasil yang baik dan juga mengurangi biaya material pada saat penelitian. Hasil dari *orthogonal array* akan ditampilkan pada tabel dibawah ini.

Tabel 3.2. Experiment Layout and Response  $L_{16} (4^3 \times 2)$

Percobaan	Lama pengeringan	Konsentrasi larutan		Temperatur
		Larutan A	Larutan B	
1	1	1	1	1
2	1	2	2	1
3	1	3	3	2
4	1	4	4	2
5	2	1	2	2
6	2	2	1	2
7	2	3	4	1
8	2	4	3	1
9	3	1	3	1
10	3	2	4	1
11	3	3	1	2
12	3	4	2	2



Percobaan	Lama pengeringan	Konsentrasi larutan		Temperatur
		Larutan A	Larutan B	
13	4	1	4	2
14	4	2	3	2
15	4	3	2	1
16	4	4	1	1

### 3.1.2. Hasil Eksperimen

Setelah proses pencetakan selesai, dilakukan proses pengukuran (pengujian) kekuatan tarik dan patah, di Balai Besar Kulit Karet dan Plastik. Metode pengukuran menggunakan standart ASTM D 3574 – 01 (*Standart Test Methods for Flexible Cellular Materials-Slab, Bonded, and Molded Urethane Foams*) dan hasilnya akan dibandingkan dengan kekuatan kayu multiplek standar SNI, yaitu :

Tabel 3.3. Tabel Kekuatan Kayu  
( SNI 03-3527-1994 )

Kelas kuat	Berat Jenis	Modulus elastisitas	Lentur Patah	Tekan Sejajar Serat	Tekan Tegak Lurus Serat	Geser Sejajar Serat
		Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>
I	> 0,9	> 161	> 1221	> 630	> 171	> 93
II	0,6 - 0,9	112	795	411	114	59
III	0,6 - 0,6	75	437	266	76	37
IV	0,3 - 0,4	56	278	193	57	26
V	< 0,3	< 56	< 278	< 193	< 57	< 26

Tabel 3.4. Tabel Rata-rata pengukuran uji tarik

Percobaan	Lama pengeringan	Konsentrasi larutan		Temperatur	Hasil rata-rata uji coba tarik Kg/cm <sup>2</sup>
		Larutan A	Larutan B		
1	12 Jam	1	1	indoor	65,84
2	12 Jam	2	2	indoor	65,97
3	12 Jam	3	3	outdoor	70,84
4	12 Jam	4	4	outdoor	70,91
5	24 Jam	1	2	outdoor	65,97
6	24 Jam	2	1	outdoor	82,7
7	24 Jam	3	4	indoor	63,32
8	24 Jam	4	3	indoor	69,48
9	36 Jam	1	3	indoor	59,5
10	36 Jam	2	4	indoor	60,97



Percobaan	Lama pengeringan	Konsentrasi larutan		Temperatur	Hasil rata-rata uji coba tarik Kg/cm <sup>2</sup>
		Larutan A	Larutan B		
11	36 Jam	3	1	outdoor	97,4
12	36 Jam	4	2	outdoor	82,69
13	48 Jam	1	4	outdoor	63,8
14	48 Jam	2	3	outdoor	67,52
15	48 Jam	3	2	indoor	71,41
16	48 Jam	4	1	indoor	110

### 3.1.3. Uji data Eksperimen

#### 1. Pengujian Normalitas

Pengujian normalitas dilakukan untuk mengetahui apakah data yang telah diperoleh terdistribusi normal atau belum. Uji normalitas menggunakan *software Minitab* Versi 14. Uji normalitas dalam pengujian ini dilakukan uji *Anderson-Darling*. Apabila distribusi data mendekati suatu garis lurus, maka dianggap data tersebut dianggap normal. Dari hasil kurva normal *p-plot*, untuk benda 1 sampai benda 16 berdistribusi normal.

#### 2. Pengujian Homogenitas

Pengujian Homogenitas Varian Populasi dilakukan untuk mengetahui apakah setiap kombinasi perlakuan eksperimen memiliki varian yang sama atau tidak. Homogenitas didapat dari data hasil respon kekuatan uji tarik, maka dari itu dilakukan uji Bartlett untuk mengetahui apakah data respon kekuatan uji tarik merupakan data yang homogen atau tidak. Pada uji homogenitas ini dilakukan pengelompokkan berdasarkan rata-rata kekuatan uji tarik hasil pengukuran. Pengelompokkan dibedakan menjadi dua yaitu kekuatan uji tarik dibawah 72 Kg/cm<sup>2</sup> dan kekuatan uji tarik diatas 72 Kg/cm<sup>2</sup>. Hal ini dilakukan karena jika seluruh data dilakukan uji secara bersamaan hasil yang didapat tidak homogen. Setelah dilakukan diskusi dengan dosen pembimbing, dosen pembimbing memberi dua saran, yang pertama adalah pengambilan data ulang terhadap benda hasil eksperimen dan jika dilakukan pengambilan data ulangpun akan tetap didapatkan data yang hampir sama karena memang kualitas material yang dihasilkan pada eksperimen ini pada kisaran tersebut. Saran kedua adalah melakukan pengelompokkan terhadap hasil respon kekuatan uji tarik, hal ini dianggap paling memungkinkan karena selain tidak harus melakukan pengambilan data ulang, rata-rata kekuatan yang didapat pada setiap produk hampir sama. Pengujian *Homogenitas* dilakukan dengan menggunakan *software Minitab* 2014.

## 3.2. Pembahasan

Proses Penelitian “Optimalisasi Cetakan Busa Poliuretan Kaku Pengganti Papan Triplek” diawali dengan *brainstorming* peneliti bersama tim yang terdiri dari dosen pembimbing, dan pemilik badan usaha CV Uber Sakti untuk mendapatkan faktor-faktor yang diduga mempengaruhi kekuatan secara signifikan. Proses *brainstorming* menghasilkan tifaktor utama yang dapat mempengaruhi kekuatan material dan salah satu faktornya dibagi lagi menjadi dua karena memiliki dua element pembentuk. Tiga factor tersebut adalah lamanya proses pengeringan material, temperatur pada saat pengeringan, dan konsentrasi larutan material. Konsentrasi larutan dibagi lagi menjadi dua bagian karena terdiri dari dua larutan yang mambentuk yaitu larutan A (Polymeric MDI) dan larutan B (Polyol Based). Metode *Taguchi* digunakan untuk membedakan perlakuan terhadap masing-masing material. Keempat factor tersebut digunakan untuk membuat desain *Orthogonal Array*, faktor lama proses pengeringan akan disetting pada empat level yaitu 12 jam, 24 jam, 36 jam, dan 48 jam masa pengeringan. Konsentrasi larutan yang terdiri dari dua



bagian dibagi menjadi empat level yaitu 1, 2, 3, dan 4 dalam bentuk perbandingan masing-masing pada setiap larutan A maupun larutan B. temperature pengeringan dibagi menjadi dua yaitu pengeringan Indoor dan pengeringan Outdoor karena permintaan dari pihak CV Uber Sakti yang didasari kemampuan perusahaan. Pembuatan desain *orthogonal array* menggunakan *software Mini Tab 2014*, didapatkan  $L_{16} 4^3 \times 2$ . Desain ini dipilih karena mempunyai jumlah specimen yang optimal untuk mencari hasil pengujian dan mengurangi terlalu banyaknya jumlah biaya dalam pembuatan specimen material dalam eksperimen ini.

Proses pencetakan menghasilkan 16 spesimen yang berdimensi 2mm x 300mm x 300mm yang nantinya akan diproses oleh pihak Laboratorium uji pihak Balai Besar Kulit, Karet, dan Plastik menjadi beberapa specimen lagi menggunakan Dies sesuai dengan standart ASTM. Hasil dari pengujian tersebut diambil rata-rata kekuatan berdasarkan uji tarik untuk menentukan hasil yang paling optimal. Disimpulkan bahwa material dengan perlakuan lama pengeringan 48 jam, dengan konsentrasi antara larutan A dengan larutan B empat banding satu, dan temperatur pengeringan pada temperatur suhu ruangan (Indoor) dengan menghasilkan 110 Kg/cm<sup>2</sup> adalah material yang paling kuat dan berpotensi menjadi pengganti material papan. Tetapi dari sisi biaya merupakan paling mahal sehingga diambilnya material dengan perlakuan lama pengeringan 12 jam, dengan konsentrasi larutan A dengan B empat banding empat atau sebanding dengan satu banding satu, dan temperatur pengeringan suhu luar ruangan (Outdoor) dengan menghasilkan 70,84-70,91 Kg/cm<sup>2</sup> adalah yang paling optimal dengan penunjang biaya produksi yang tidak begitu mahal.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1. Kesimpulan

1. Faktor-faktor yang mempengaruhi optimalitas dalam pembuatan material busa kaku poliuretan dalam menggantikan material kayu dalam bentuk papan adalah :
  - Lamanya proses pengeringan pada saat pencetakan material.
  - Konsentrasi larutan A dan larutan B dalam pembentuk materil papan.
  - Temperatur pengeringan material.
  - Biaya yang dikeluarkan perusahaan dalam pembentukannya.
2. *Orthogonal Array* yang digunakan dalam eksperimen ini adalah  $L_{16} 4^3 \times 2$  dimana temperatur pengeringan disetting pada 2 level dan konsentrasi larutan dan lamanya proses pengeringan masing-masing disetting pada 4 level.
3. Kualitas kekuatan material paling kuat didapatkan pada kombinasi lama pengeringan 48 jam, dengan konsentrasi antara larutan A dengan larutan B empat banding satu, dan temperatur pengeringan pada temperatur suhu ruangan (Indoor) dengan menghasilkan 110 Kg/cm<sup>2</sup>.
4. Kualitas kekuatan material paling optimal dengan pertimbangan biaya pada kombinasi lama pengeringan 12 jam, dengan konsentrasi larutan A dengan B empat banding empat atau sebanding dengan satu banding satu, dan temperatur pengeringan suhu luar ruangan (Outdoor) dengan menghasilkan 70,84-70,91 Kg/cm<sup>2</sup>.
5. Faktor yang signifikan dalam mempengaruhi kekuatan uji tarik adalah perbandingan konsentrasi larutan antara larutan A dan larutan B.
6. Faktor yang signifikan dalam perhitungan biaya adalah pada lamanya proses pengeringan material saat proses pencetakan.

##### 4.2. Saran

1. Mengidentifikasi ulang untuk faktor-faktor yang diduga mempengaruhi kualitas hasil uji kekuatan tarik pada material busa kaku poliuretan.
2. Penelitian pengaruh kelembaban udara terhadap kualitas kekuatan uji tarik material.
3. Mencoba menggunakan oven dengan temperatur yang terjaga pada saat proses pengeringan.
4. Penelitian terhadap kekuatan patah material dibandingkan standart yang sudah ada.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Eung Kee (Richard) Lee, 2010, Thesis: *Novel Manufacturing Processes for Polymer Bead Foams*, Degree of Doctor of Philosophy Department of Materials Science and Engineering University of Toronto
- Jakub Grzesiak, Krzysztof, Dariusz Szarek, Paulina Bednarz, and Jadwiga Laska, 2015, *Polyurethane/polylactide-based biomaterials combined with ratolfactory bulb-derived glial cells and adipose-derived mesenchymal stromal cells for neural regenerative medicine applications*, *Journal Elsevier*.
- Kaneyoshi Ashida, 2007, *Polyurethane and Related Foams Chemistry and Technology*, Taylor & Francis Group, United States of America
- Kun Hyung Choe, Dong Soo Lee, Won Jin Seo, and Woo Nyon Kim, 2004, *Properties of Rigid Polyurethane Foams with Blowing Agents and Catalysts*, *Polymer Journal*, Vol. 36, No. 5, pp. 368-373
- R. K. Traeger, 1967, *Physical Properties of Rigid Polyurethane Foams*, *Journal of CELLULAR PLASTICS*.



# Perbaikan Tata Letak Produksi dan Gudang Penyimpanan Simplisia Sesuai CPOTB BPOM (Studi Kasus: Kelompok Tani Biofarmaka Karanganyar)

**Retno Wulan Damayanti, Rahmaniya Dwi Astuti, Fakhрина Fahma,  
Benazir Imam Arif Muttaqin**

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Sebelas Maret  
Jl. Ir Sutami No. 36 A, Surakarta 57126  
Telp. / Fax. 632110  
E-mail: rwd@ft.uns.ac.id

## Intisari

*Penataan tata letak produksi termasuk gudang penyimpanan yang baik dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap kelangsungan proses produksi secara keseluruhan. Kelompok Tani Biofarmaka Karanganyar merupakan kumpulan petani tanaman herbal, yang menghasilkan bahan baku jamu dan obat tradisional dalam bentuk rimpang segar maupun kering (simplisia). Diperlukan perbaikan tata letak produksi dan gudang penyimpanan simplisia agar memenuhi standar persyaratan CPOTB BPPOM. Selama ini proses produksi simplisia para petani masih dilakukan dengan memanfaatkan ruangan seadanya. Selain itu gudang penyimpanan simplisia yang dimiliki oleh kelompok tani tidak memenuhi persyaratan.. Hasil dari kajian ini adalah berupa usulan tata letak produksi dan penyimpanan simplisia yang memenuhi standar CPOTB di Kelompok Tani Biofarmaka Karanganyar.*

*Kata Kunci: fasilitas produksi, gudang penyimpanan, simplisia, obat herbal*

## 1. Pendahuluan

Perkembangan penggunaan tanaman herbal sebagai bahan dasar jamu dan obat tradisional dari tahun ke tahun mengalami trend positif. Pada dekade belakangan ini, di tengah banyaknya jenis obat modern di pasaran dan munculnya berbagai jenis obat modern yang baru, terdapat kecenderungan perilaku dari masyarakat untuk kembali ke alam (*back to nature*). Peningkatan penggunaan obat tradisional berbahan tanaman tampak pada beberapa indikasi, antara lain data WHO menunjukkan bahwa perdagangan herbal dunia telah mencapai nilai 12-15 milyar dollar Amerika setiap tahunnya di tahun 2011, dan saat ini dilaporkan mencapai 60 milyar dollar Amerika. Selain itu, volume perdagangan tanaman herbal dalam bentuk jamu di Indonesia dan ekspor terbatas ke luar negeri mencapai angka 15 triliun rupiah dan telah meningkat hingga 20-21 triliun di akhir 2014 (Darusman, 2013).

Di Indonesia khususnya di provinsi Jawa Tengah, terdapat tujuh sentra tanaman obat (biofarmaka), yaitu Kabupaten Semarang, Boyolali, Sukoharjo, Karanganyar, Wonogiri, Grobogan dan Blora. Salah satu yang berpotensi untuk dikembangkan dan memiliki nilai ekonomis yang tinggi adalah klaster biofarmaka di Kabupaten Karanganyar (Fahma dkk, 2012). Produk unggulan biofarmaka karanganyar adalah hasil panen tanaman herbal yang berupa rimpang, seperti misalnya jahe, temulawak, kunyit, dan sebagainya. Selain dalam bentuk segar, para petani juga mengolah rimpang segar menjadi dalam bentuk kering (simplisia) dengan tujuan meningkatkan nilai ekonomis dari hasil panen yang dihasilkan. Menurut Ditjen POM (1982), simplisia didefinisikan sebagai bahan alami yang digunakan sebagai bahan baku obat yang belum mengalami pengolahan tetapi sudah dikeringkan. Proses pembuatan rimpang segar menjadi simplisia meliputi proses penyortiran basah dan kering, pencucian, perajangan (pemotongan), pengeringan, penyortiran kering, pengemasan (*packaging*), dan penyimpanan (Sembiring, 2011).



Para kelompok tani yang tergabung di dalam klaster biofarmaka Karanganyar, sudah mampu memproduksi simplisia. Alat-alat produksi dan paket manajemen untuk mendukung proses produksi simplisia standar antara lain alat perajang rimpang hasil rancangan Astuti dkk (2012) dan Fahma dkk (2014) serta alat pengering simplisia hasil rancangan Agassi dkk (2014) dan Muttaqin (2015), sudah diimplementasikan di beberapa kelompok tani. Namun aplikasi alat-alat produksi tersebut belum memperhatikan tata letak fasilitas, ruangan pengolahan, dan ruangan penyimpanan sesuai dengan standar Cara Pengolahan Obat Tradisional yang Baik (CPOTB) yang disyaratkan Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). CPOTB sendiri bertujuan untuk menjamin agar produk yang dihasilkan senantiasa memenuhi persyaratan yang berlaku (Marchaban, dkk. 2004). Standar CPOTB BPOM mensyaratkan penataan ruangan produksi termasuk ruangan penyimpanan harus sesuai dengan urutan proses pembuatan, sehingga tidak menimbulkan lalu lintas kerja yang simpang siur dan tidak mengakibatkan pencemaran silang terhadap produk yang dibuat. Selain penataan yang sesuai aliran proses, tempat produksi simplisia disyaratkan memiliki permukaan bagian dalam setiap ruangan (dinding, lantai, dan langit-langit) yang rata, bebas dari keretakan dan sambungan terbuka serta mudah dibersihkan dan disanitasi.

Beberapa hal yang harus diperhatikan dalam merancang suatu industri makanan dan obat-obatan adalah *layout* yang baik, keamanan, ruang yang cukup untuk memenuhi proses produksi, serta pemisahan ruang fasilitas produksi (Antasari, dkk., 2014). Berdasarkan hasil observasi di beberapa lokasi kelompok tani, proses produksi simplisia oleh petani saat ini masih dilakukan dengan memanfaatkan ruangan seadanya, baik di teras, di dapur, dan di halaman rumah. Pada lokasi produksi simplisia saat ini, belum ada penataan alat produksi sesuai dengan aliran proses, dan lokasi produksi belum memperhatikan sanitasi serta higienitas tempat.

Selain tata letak produksi yang belum memenuhi standar, lokasi penyimpanan produk simplisia yang dipergunakan oleh petani juga tidak memenuhi standar higienitas. Ruangan penyimpanan simplisia mayoritas dibuat dengan menggunakan atap bermaterialkan seng dan ditutup bambu-bambu pada bagian sisi-sisinya. Kebersihan dan kerapatan ruangan penyimpanan tidak terjaga, sehingga aerasi udara, suhu, dan kelembaban tidak terkontrol. Organisme hama juga berpotensi masuk ke dalam ruangan penyimpanan. Pada sistem penyimpanan saat ini, produk simplisia tidak dikelompokkan atau ditata sesuai dengan tanggal produksinya. Pada gudang penyimpanan saat ini, produk simplisia masih tercampur dengan produk-produk rimpang segar yang belum dikeringkan, serta perkakas pertanian seperti troli, garu, dan lain sebagainya. Gudang penyimpanan produk bahan pangan, setidaknya harus memenuhi aspek-aspek terkait maksimalisasi penggunaan ruang, peralatan, akses, serta perlindungan barang yang disimpan (Sriyanto, dkk., 2009). Selain itu, berdasarkan syarat CPOTB BPOM berkaitan dengan lokasi penyimpanan simplisia, ruangan atau tempat penyimpanan hendaklah cukup luas, terang, dan memungkinkan penyimpanan bahan dan produk jadi dalam keadaan kering, bersih, dan teratur (BPOM, 2011).

Berkaitan dengan permasalahan tersebut, pada kajian ini dilakukan upaya perancangan ulang tata letak (*re-layout*) serta perbaikan fasilitas produksi dan fasilitas penyimpanan produk simplisia agar memenuhi standar pengolahan bahan obat tradisional yang baik yang dikeluarkan oleh BPOM. Penataan fasilitas produksi termasuk gudang penyimpanan diharapkan dapat berpengaruh pada penghematan biaya produksi (Yohanes, 2012). Selain itu aliran proses produksi dapat berjalan lebih lancar, terdapat peningkatan hasil produksi dan kualitas simplisia yang dihasilkan, dan nilai tawar petani terhadap industri pengolahan obat dan jamu menjadi meningkat.

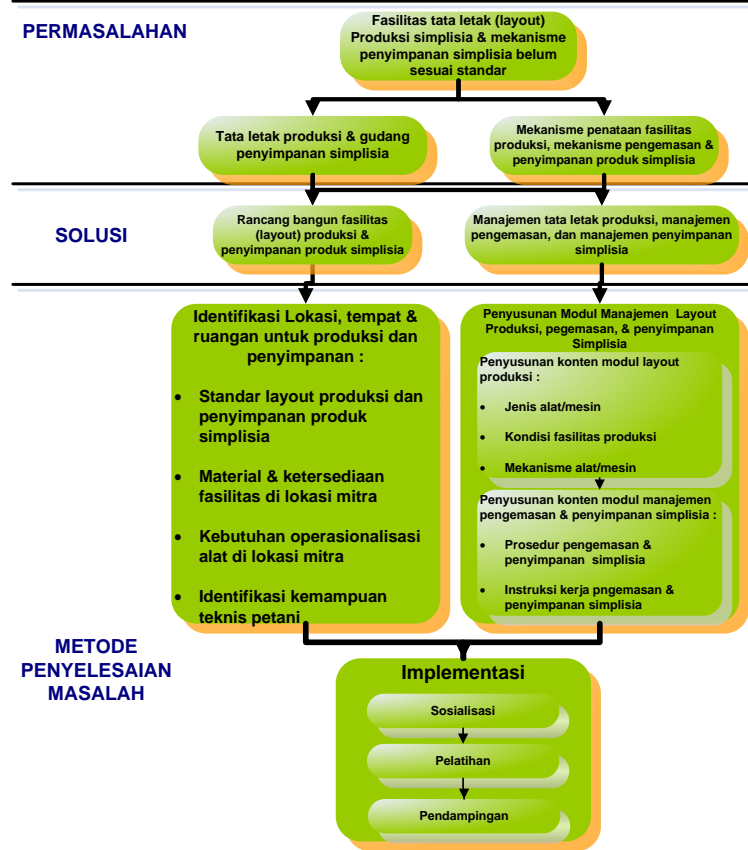
## 2. Metodologi

Pada kajian ini, identifikasi akar permasalahan dilakukan terhadap fasilitas produksi dan penyimpanan produk simplisia. Setelah akar permasalahan teridentifikasi, maka upaya penyelesaian permasalahan dilakukan secara bertahap.

Secara garis besar upaya perbaikan dilakukan melalui dua tahapan, yaitu tahap rancang bangun fasilitas serta tahap implementasi. Tahap kegiatan rancang bangun fasilitas terdiri dari



perbaikan fasilitas tata letak produksi, penataan *layout* alat produksi sesuai aliran proses produksi simplisia, perbaikan dan penataan fasilitas penyimpanan produk simplisia, serta penyusunan modul manajemen. Tahap implementasi merupakan aktivitas untuk mengaplikasikan sekaligus menguji coba fasilitas yang telah dirancang bangun dan modul manajemen di kelompok tani biofarmaka Karanganyar. Secara garis besar tahapan dari kajian ini ditampilkan pada Gambar 1.



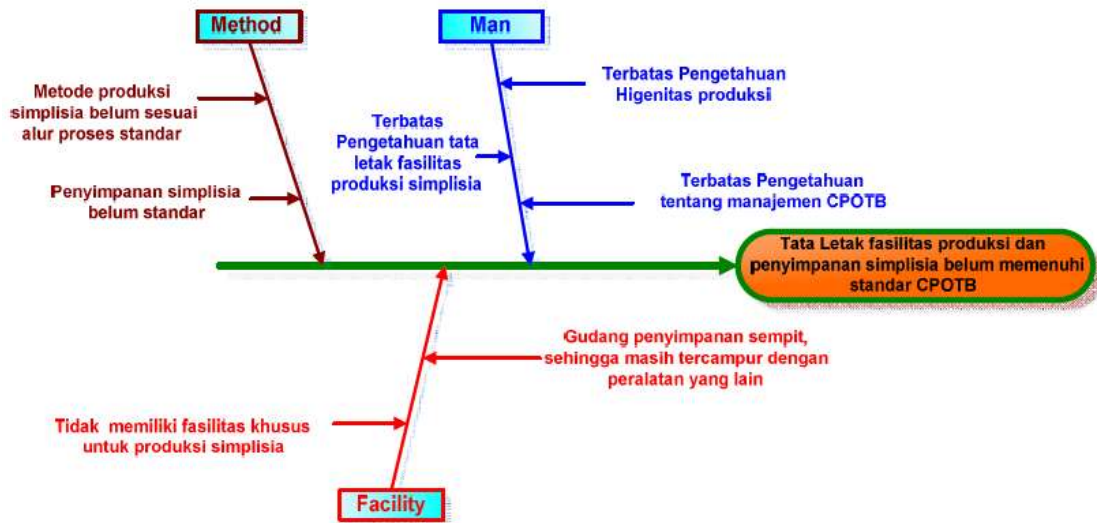
Gambar 1. Tahapan Penyelesaian Permasalahan

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Identifikasi Akar Masalah

Identifikasi akar permasalahan pada kajian ini dilakukan dengan mekanisme observasi lapangan dan diskusi serta *brainstorming* dengan para petani kelompok tani. Hasil *brainstorming* digambarkan dengan menggunakan diagram *fishbone* yang ditunjukkan pada Gambar 2, teridentifikasi tiga sumber masalah yang mengakibatkan tata letak fasilitas produksi dan penyimpanan simplisia tidak memenuhi standar CPTOB yang dikeluarkan BPOM, yaitu dari sisi fasilitas (*facility*), sumber daya manusia (*man*), dan dari sisi metode kerja (*method*).



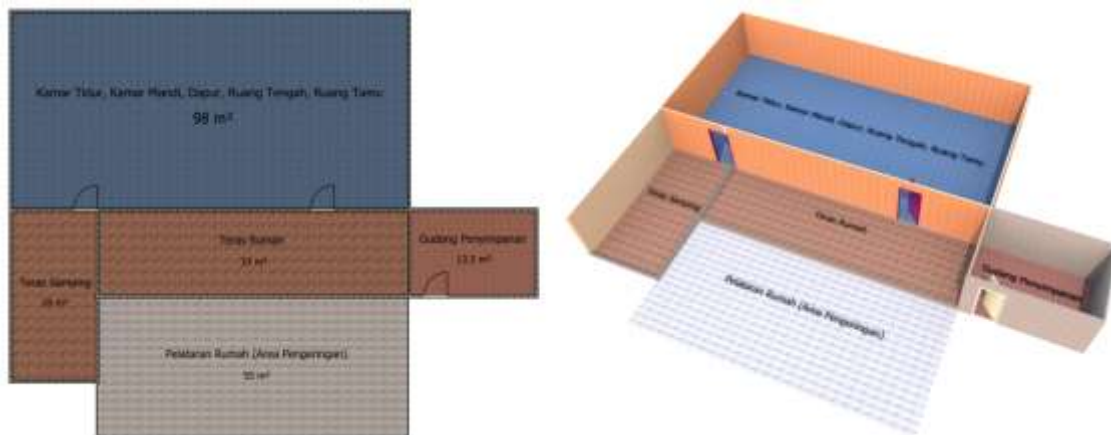


Gambar 2. Diagram *Fishbone* Akar Permasalahan

Dari segi fasilitas (*facility*), pelaksanaan produksi simplisia tercampur dengan bagian rumah tangga, karena memang tidak dikhususkan dari awal oleh petani untuk melakukan pemisahan lokasi. Berkaitan dengan penyimpanan produk simplisia, fasilitas penyimpanan terbatas, sehingga masih tercampur dengan bahan-bahan segar dan dengan alat-alat pertanian lainnya yang dimiliki petani. Dari segi sumber daya manusia (*man*), terdapat sumber-sumber masalah berkaitan dengan keterbatasan pengetahuan dari petani, diantaranya terkait dengan higienitas produksi, tata letak fasilitas produksi yang benar, dan manajemen CPOTB. Dari segi metode (*method*), yaitu berkaitan dengan kurangnya pemahaman manajemen CPOTB (antara lain produksi simplisia secara higienis, perawatan alat, fasilitas produksinya termasuk tata letaknya, serta penyimpanan dan pengemasan hasil simplisia).

### 3.2 Identifikasi Lokasi Produksi Simplisia

Kegiatan produksi simplisia di lingkungan kelompok tani biofarmaka di Kabupaten Karanganyar saat ini dilakukan dengan memanfaatkan ruangan yang ada di sekitar rumah petani, tanpa ruangan spesifik untuk pengolahan dan penyimpanan simplisia. Di lokasi kelompok tani sumber rejeki 1, yang berlokasi di Desa Sambirejo, Kecamatan Jumantono, Kabupaten Karanganyar, saat ini hanya terdapat dua area fasilitas produksi yang digunakan saat proses produksi simplisia, yaitu gudang penyimpanan (13,5 m<sup>2</sup>) dan area pengeringan (55 m<sup>2</sup>) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.

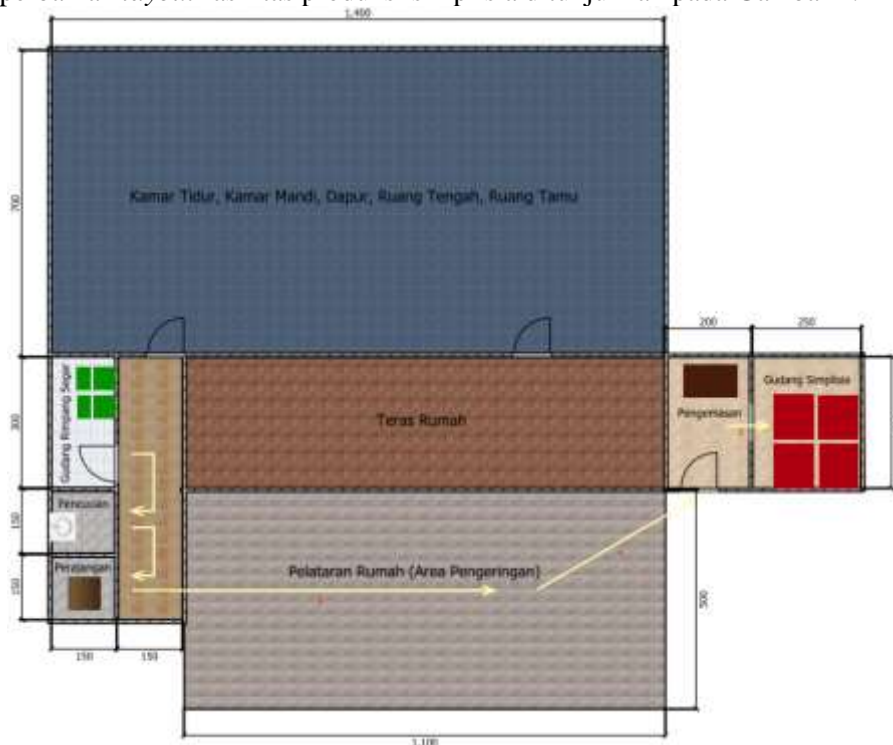


Gambar 3. Layout Awal Fasilitas Produksi Simplisia

Gudang penyimpanan digunakan untuk menyimpan baik rimpang yang masih segar, maupun simplisia yang sudah dikeringkan. Selain itu fasilitas gudang penyimpanan tersebut tidak dilengkapi mekanisme penataan yang baik, sehingga baik rimpang yang masih segar maupun simplisia yang sudah kering saling tercampur. Untuk aktivitas proses yang lain seperti penyortiran, pencucian, perajangan tidak dilakukan di tempat khusus. Aktivitas-aktivitas tersebut dilakukan di dapur, teras rumah, atau lingkungan di sekitar rumah.

### 3.3 Usulan Rancangan Fasilitas Proses Produksi Simplisia

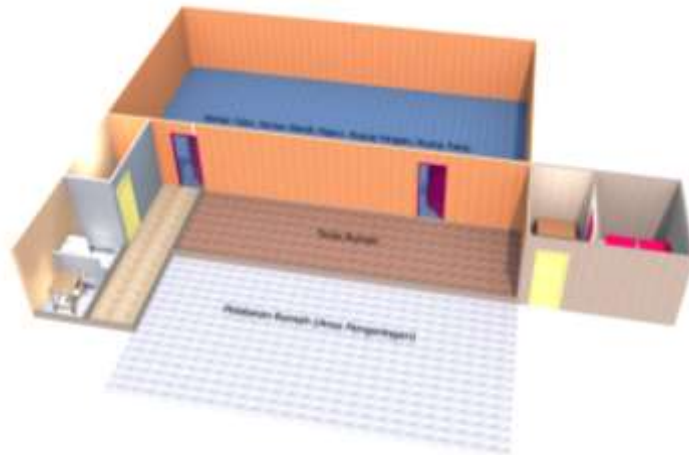
Perbaikan *layout* fasilitas produksi simplisia dilakukan untuk menjaga aliran perpindahan simplisia agar tidak saling terkontaminasi, menurunkan waktu produksi, meningkatkan kenyamanan pekerja dan keamanan, serta untuk menjaga mutu/kualitas simplisia yang dihasilkan. Rencana perbaikan *layout* fasilitas produksi simplisia ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Usulan Layout Fasilitas Produksi Simplisia 3D

Seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4, rencana *layout* produksi simplisia terdiri dari lima fasilitas, yaitu gudang rimpang segar, area pencucian, area perajangan, area pengeringan, area pengemasan, dan gudang penyimpanan simplisia. Usulan *layout* tersebut didasari dari ketujuh tahapan proses pengolahan rimpang segar menjadi simplisia, yaitu mulai dari penyortiran pertama, pencucian, penirisan, perajangan, pengeringan, penyortiran kedua, dan pengemasan. Tahapan proses pemindahan bahan material yang masih segar sampai dengan penyimpanan simplisia yang sudah kering ditunjukkan pada garis yang berwarna kuning.

Usulan *layout* fasilitas produksi simplisia terdiri dari area gudang penyimpanan rimpang segar yang berukuran 1,5 x 3 meter; area pencucian berukuran 1,5 x 1,5 meter yang digunakan untuk tahapan proses penyortiran pertama, pencucian, dan penirisan; area perajangan berukuran 1,5 x 1,5 meter yang digunakan untuk tahapan proses perajangan; area pengeringan berukuran 11 x 5 meter yang digunakan untuk tahapan proses pengeringan; area pengemasan berukuran 2 x 3 meter yang digunakan untuk tahapan proses pengemasan dan penyortiran kedua; serta area gudang penyimpanan simplisia berukuran 2,5 x 3 meter. Desain usulan *layout* fasilitas produksi dalam bentuk 3D ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Usulan Layout Fasilitas Produksi Simplisia 3D

### 3.4 Perbaikan Gudang Penyimpanan Simplisia

Area penyimpanan rimpang segar dan area penyimpanan simplisia harus dipisah. Selain mempermudah proses *loading-unloading* rimpang segar (pada saat musim panen) dan simplisia (pada saat akan dijual), hal tersebut dilakukan untuk menjaga kualitas simplisia yang dihasilkan, karena karakteristik penyimpanan simplisia yang sudah kering dan rimpang yang masih segar memiliki standar yang berbeda.

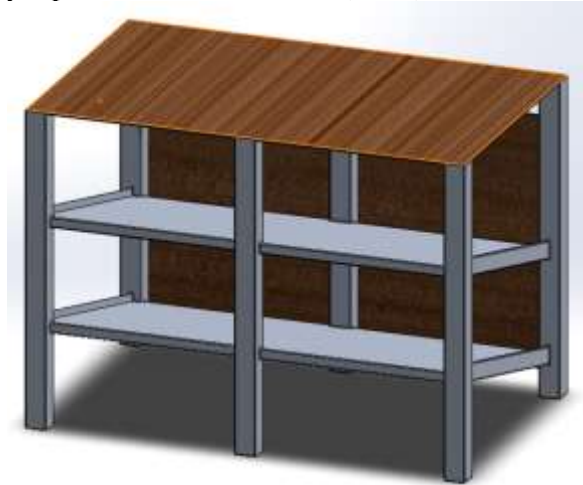
Untuk mengakomodasi kebutuhan standar tersebut, perbaikan fasilitas gudang dilakukan untuk memenuhi persyaratan gudang penyimpanan produk simplisia berdasarkan standar minimal gudang bahan pangan. Tahapan perbaikan diawali dengan pengukuran gudang lama, untuk menentukan kebutuhan material. Selain mengukur dimensi dalam dan luar gudang, juga dilakukan pengukuran untuk kebutuhan rak simplisia. Ukuran rak tersebut disesuaikan dengan kebutuhan petani, standar FIFO, dan ketersediaan lahan.

Berdasarkan hasil pengukuran tersebut, selanjutnya ditentukan kebutuhan material untuk pembangunan dan perbaikan gudang simplisia kelompok tani. Upaya perbaikan fasilitas gudang simplisia tersebut seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, di antaranya adalah dengan perbaikan dinding gudang dan penambahan *net wire* untuk memperbaiki aerasi udara dan melindungi *gudang* dari hama, pemasangan atap galvanium untuk memastikan gudang aman dari pengaruh cuaca, perbaikan pintu gudang, dan lain sebagainya.



Gambar 6. Perbaikan Fasilitas Gudang Penyimpanan

Untuk penyimpanan simplisia, harus ditempatkan dalam rak (dengan konsep desain ditampilkan pada Gambar 7), yang mana rancangan rak tersebut dirancang mengakomodasi prinsip manajemen penyimpanan *First In First Out* (FIFO).



Gambar 7. Konsep Rak Simplisia Sesuai Standar FIFO di Gudang Penyimpanan

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil identifikasi akar permasalahan pada fasilitas produksi simplisia kelompok tani biofarmaka Karanganyar, diperoleh tiga akar permasalahan yang menyebabkan tata letak fasilitas produksi dan penyimpanan simplisia belum memenuhi CPOTB. Ketiga sumber permasalahan tersebut berkaitan dengan fasilitas, metode, dan sumber daya manusia. Salah satu sumber permasalahan yang krusial adalah berkaitan dengan fasilitas. Berdasarkan identifikasi terhadap lokasi fasilitas proses produksi simplisia didapatkan hasil bahwa kondisi saat ini belum terdapat lokasi spesifik untuk pengolahan dan penyimpanan simplisia. Selain itu fasilitas gudang penyimpanan tidak dilengkapi mekanisme penataan yang baik. Gudang penyimpanan masih tercampur antara rimpang segar, simplisia yang sudah jadi, dan peralatan penunjang produksi. Fasilitas gudang penyimpanan simplisia tidak higienis, aerasi udara kurang, suhu dan kelembaban tidak terkontrol, serta tidak ada pengendalian terhadap hama.

Upaya penyelesaian permasalahan dilakukan dengan perbaikan tata letak fasilitas produksi simplisia agar aliran perpindahan simplisia tidak saling terkontaminasi, serta untuk menjaga mutu/kualitas simplisia yang dihasilkan. Rencana tata letak produksi simplisia terdiri dari lima fasilitas, yaitu gudang rimpang segar, area pencucian, area perajangan, area pengeringan, area pengemasan, dan gudang penyimpanan simplisia. Usulan tata letak tersebut didasari dari ketujuh tahapan proses pengolahan rimpang segar menjadi simplisia.

Pada kajian ini, perbaikan gudang simplisia telah mencapai tahap *finishing*. Perbaikan gudang penyimpanan dilakukan terlebih dahulu karena alokasi lahan di kelompok tani yang telah siap adalah di area gudang penyimpanan. Untuk gudang penyimpanan simplisia, perbaikan dilakukan dengan memperhatikan standar minimal gudang bahan pangan.

Pada kajian selanjutnya, akan dilakukan analisis efisiensi dan efektivitas tata letak produksi hasil perbaikan. Selain itu, penyusunan prosedur standar produksi juga diperlukan untuk menunjang implementasi di kelompok tani biofarmaka Karanganyar. Pada aktivitas implementasi usulan produksi simplisia di kelompok tani biofarmaka Karanganyar direncanakan diawali dengan mekanisme pendekatan manajemen seperti misalnya dengan sosialisasi dan pengarahan produksi sesuai prosedur standar dan dilakukan pendampingan untuk pengkondisian perubahan tata kerja produksi simplisia.

### Daftar Pustaka

- Agassi, E.A., Damayanti, R.W., dan Cahyono, S.I., 2014, Penentuan Konsep Perancangan Alat Pengering Simplisia Jahe Menggunakan Sumber Panas Sinar Matahari Dengan Backup Panas Kompor Biomassa., *Jurnal J@TI UNDIP.*, ISSN : 19071434., Volume 10, No.3, September 2014.
- Antasari, T., Purwono, E.H., dan Sujudwijono, N., 2014, *Tugas Akhir: Bangunan Industri Makanan Khas Brem di Desa Kaliabu Caruban Madiun*, Jurusan Arsitektur Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Astuti, R.D., Priadythama, I., dan Prabowo, S.I., 2012, Perancangan Alat Pemotong Kunyit untuk Menghasilkan Simplisia Membujur yang Memenuhi Standar Kualitas Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) Departemen Pertanian Republik Indonesia (Deptan), *Proceeding The First Symposium in Industrial Technology*, Yogyakarta, 17 November 2012.
- Badan Pengawas Obat dan Makanan Republik Indonesia, 2011, *Persyaratan Teknis Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik*.
- Darusman, L.K., 2014, Peningkatan Kualitas dan Kuantitas Bahan Baku Jamu untuk Terapi Kedokteran Modern, *Simposium Penelitian Bahan Obat Alami XV*, pp.5-11.
- Ditjen POM, 1982, *Kodifikasi Peraturan Perundang-undangan Obat Tradisional*, Ditjen POM Depkes, Jakarta.
- Fahma, F., Budijanto, M., dan Toga, N.R., 2012, Penentuan Harga Pokok Produksi Kunyit dan Produk Olahan sebagai Dasar Penetapan Harga Jual Produk yang Tepat di Klaster Biofarmaka Kabupaten Karanganyar, *Proceeding Seminar Nasional Teknoin*, UII Yogyakarta, 10 November 2012.
- Fahma, F., Damayanti, R.W., dan Fulani. D., 2014., Pengembangan Alat Pemotong Kunyit Untuk Simplisia di Klaster Biofarmaka Karanganyar, *Proceeding Seminar Nasional IENACO*, Universitas Muhammadiyah Surakarta, 27 Maret 2014.
- Marchaban, Fudholi, A., dan Suryadi, B., 2004, Evaluasi Penerapan Cara Pembuatan Obat Tradisional yang Baik (CPOTB) di Industri Obat Tradisional di Jawa Tengah, *Majalah Farmasi Indonesia*, Vol. 2, No. 15, pp.75-80.
- Muttaqin, B.I.A., Damayanti, R.W., dan Cahyono, S.I., 2015, Pengembangan Alat Pengering simplisia jahe menggunakan sumber panas sinar matahari dengan backup panas kompor, *Proceeding Seminar Nasional Industrial Engineering Conference*, UNS, 24 September 2015.
- Sembiring, Bagem, S. dan Yuliani, S., 2012, *Penanganan dan Pengolsahan Rimpang Jahe*, Status Teknologi Hasil Penelitian Jahe, Bogor.
- Sriyanto, Purwanggono, B., dan Astuti, D.T., 2009, Redisain Layout dan Prosedur untuk Reduksi Waktu Setup Gudang Komponen, *Jurnal Teknik Industri UNDIP*, Vol. 4, No. 2, pp158-169.
- Yohanes, A., 2012, Analisis Perbaikan Tata Letak Fasilitas pada Gudang Bahan Baku dan Barang Jadi dengan Metode Share Storage di PT. Bitratex Industries Semarang, *Dinamika Teknik*, Vol. 4, No. 1, pp.25-34.





## **Analisis Pengendalian Kualitas Produk Kemasan *Teabag* dengan Metode *Six Sigma* dan *5 Why* pada Sebuah Perusahaan Teh**

**Novie Susanto, Heru Prastawa, Prima Rizky Handayani**  
Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Telp. (024) 7460052  
E-mail: nophie.susanto@gmail.com

### **Intisari**

*Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui status cacat dari produk teh kemasan teabag yang dihasilkan dan menganalisis faktor apa saja yang menyebabkan cacat produk di PT. GSS Metode yang akan digunakan sebagai tolak ukur analisis pengendalian kualitas pada produk kemasan teabag ini adalah metode Six Sigma. Metode ini melakukan minimasi produk cacat secara ekstrem yaitu sampai hanya terdapat 3,4 produk cacat per satu juta produk yang dihasilkan. Dalam six sigma, ketika perusahaan mencapai six sigma, maka kualitas produk perusahaan tersebut termasuk dalam kategori kelas dunia. Dalam laporan kerja praktek ini akan dipaparkan analisis perhitungan Six Sigma pada produk kemasan teabag yang dihasilkan oleh PT. Gunung Subur Sejahtera. Dengan diterapkannya metode six sigma ini diharapkan pengendalian kualitas pada perusahaan tersebut dapat menjadi lebih baik dan target 3,4 DPMO dapat tercapai. Selain itu, dijelaskan penyebab cacat yang terjadi dengan metode fishbone dan 5 why. Hasil penelitian menunjukkan cacat yang terjadi merupakan cacat tanpa lebel, teabag rusak, dan tanpa benang. Nilai sigma yang dicapai perusahaan baru 4,47 sigma dengan nilai DPMO sebesar 1499,91. Hal ini berarti cacat yang dihasilkan perusahaan masih tergolong banyak karena hasil sigma menunjukkan bahwa level perusahaan masih pada level rata-rata perusahaan pada umumnya. Dengan metode fishbone diagram dapat diketahui penyebab-penyebab cacat. Parameter yang dijadikan tolak ukur adalah manusia, material, metode, dan mesin.*

*Kata Kunci: kualitas, six sigma, fishbone diagram, 5 why analysis*

### **1. Pendahuluan**

Persaingan bisnis yang semakin ketat dan banyaknya konsumen cerdas membuat produsen dari berbagai jenis produk berlomba-lomba untuk menghasilkan produk yang berkualitas tinggi dan sesuai keinginan konsumen. Perusahaan manufaktur dengan produk sejenis akan saling bersaing untuk meraih hati para konsumen. Segala cara dilakukan agar kepuasan pelanggan dapat terjaga pada level yang ditargetkan. Kepuasan akan produk yang dihasilkan perusahaan dapat tercipta apabila konsumen mendapatkan produk dengan kualitas tinggi namun dengan harga yang relevan. Dari sini dapat dilihat bahwa kualitas merupakan hal penting yang menentukan keberhasilan dan pertumbuhan perusahaan. Untuk itu perusahaan perlu memaksimalkan apa yang sering disebut dengan pengendalian kualitas dari produk-produk yang dihasilkan. Adanya pengendalian kualitas yang baik akan membawa dampak yang baik pula bagi kualitas produk yang dihasilkan karena produk tersebut akan sesuai dengan standar dan spesifikasi yang telah ditetapkan perusahaan. Selain itu, adanya pengendalian kualitas akan meminimasi *defect* dan mencegah produk cacat sampai ke tangan konsumen. Beberapa literatur menunjukkan pentingnya pengendalian kualitas bagi pengembangan perusahaan (Assauri, 1998; Crosby, 1979; Deming 1986; Feigenbaum, 1991; Russel dan Taylor; 2006; Wignjosobroto, 2003) baik melalui metode *Total Quality Management (TQM)* (Gazpers, 2002; 2005; 2011) atau *Six Sigma* (Mangala, 2005; Pande, 2005, Wahyani, 2010).



PT. GSS merupakan perusahaan manufaktur penghasil minuman teh di Jaten, Karanganyar. Produk yang dihasilkan beragam dari sisi varian rasa, jenis teh, maupun pengemasan. Kualitas pada produksi teh tidak hanya difokuskan pada rasa, warna, maupun standar makanannya saja. Hal yang menjadi penting ketika produk akan didistribusikan kepada konsumen adalah mengenai caranya. Dengan kata lain, pengemasan produk harus benar dan tanpa cacat. Dalam pengemasan biasanya produk dikemas dalam bentuk tradisional, *sachet*, maupun *teabag*. Akan tetapi pada pengemasan, sering ditemukan cacat terutama pada kemasan jenis *teabag*. Cacat yang ditemukan seperti tidak adanya label produk, *teabag* dalam keadaan rusak maupun tidak ada benang pengait. Cacat yang terjadi ini tidak sesuai dengan harapan perusahaan dimana perusahaan menginginkan *defect* sekecil mungkin hingga mendekati *zero defect*. Sebagai perusahaan penghasil dan pengekspor teh, tentu perusahaan ingin kualitas produknya dikategorikan dalam status *world class* dari segi kualitas dan dapat memiliki *defect* seminimal mungkin. Persentase jumlah cacat dibandingkan dengan total produksi secara keseluruhan untuk pengemasan *teabag* adalah 0,5%. Meskipun nilai ini termasuk kecil, akan tetapi nilai ini dirasa perusahaan masih perlu untuk direduksi supaya sesuai dengan tujuan yaitu menciptakan *defect* sekecil mungkin atau dalam istilah lain mencapai *six sigma*.

Dari latar belakang yang telah disampaikan, tujuan penelitian dapat dirumuskan sebagai berikut: untuk mengetahui status cacat dari produk teh kemasan *teabag* yang dihasilkan dan menganalisis faktor apa saja yang menyebabkan cacat produk.

## 2. Metodologi

Pengumpulan data dilakukan dengan pengumpulan data historis yang dimiliki perusahaan dan wawancara langsung dengan pihak terkait, yaitu pihak bagian produksi yang mengurus seluruh kegiatan produksi termasuk dalam hal pengendalian kualitas yang berhubungan dengan cacat produksi. Setelah data yang dibutuhkan dirasa cukup, data tersebut selanjutnya diolah sesuai dengan teori yang telah didapat.

Data yang ada diolah dengan menggunakan metode *six sigma* dengan tujuan untuk memperkecil variasi proses yang terjadi, sehingga perusahaan dapat mengurangi proses *rework* sekaligus mengurangi cacat ataupun produk yang keluar dari spesifikasi. Metode *six sigma* dipilih karena metode ini memiliki target atau standar yang diakui secara internasional, sehingga perhitungan pengendalian kualitas dapat disetarakan. Setelah diolah, hasil yang didapat kemudian dianalisis. Analisis yang dibuat meliputi masalah yang ada termasuk hasil dari pengolahan data dan faktor penyebab timbulnya masalah tersebut, dalam laporan ini masalah yang ada merupakan cacat produk. Metode ini melakukan minimasi produk cacat secara ekstrem yaitu sampai hanya terdapat 3,4 produk cacat per satu juta produk yang dihasilkan. Dalam *six sigma*, ketika perusahaan mencapai *six sigma*, maka kualitas produk perusahaan tersebut termasuk dalam kategori kelas dunia. Makalah ini menganalisis perhitungan *Six Sigma* pada produk kemasan *teabag* yang dihasilkan oleh PT. GSS.

Analisis masalah menggunakan metode *fishbone*, yaitu metode yang memaparkan faktor umum penyebab timbulnya cacat dan menspesifikasikan dari faktor-faktor tersebut mengenai bagaimana faktor tersebut dapat menyebabkan cacat. Kemudian, memilih salah satu faktor yang dianggap paling berpengaruh pada permasalahan dan akan dibuat lebih detail lagi dengan metode *5 why*. Dari penyebab tersebut, maka dapat diberi penyelesaian yang memungkinkan. Saran atau solusi ini kelak dapat dimanfaatkan oleh perusahaan untuk perbaikan kedepannya. Setelah semua selesai maka dapat diambil kesimpulan dari apa yang telah dikerjakan selama melakukan kerja praktek di perusahaan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Hasil Pengamatan

Hasil pengamatan ini merupakan data-data historis perusahaan. Pengambilan data ini adalah dengan bertanya secara langsung dengan pihak terkait, yaitu pihak bagian produksi dan



melakukan wawancara mengenai informasi yang berkaitan dengan data tersebut. Data ini dibagi menjadi periode atau data mingguan. Berikut ini merupakan data pada proses pengemasan mengenai total produksi dan *defect* pada produk *teabag* selama empat bulan, yaitu pada bulan September-Desember 2015. Tabel 1 berikut ini merupakan data pengamatan.

Tabel 1 Data Pengamatan

No	Tanggal	Total Produksi	Jumlah <i>defect</i>
1	September Periode I	827880	3598
2	September Periode II	827880	3602
3	September Periode III	827880	3634
4	September Periode IV	827880	3857
5	Oktober Periode I	884912	4020
6	Oktober Periode II	884912	3993
7	Oktober Periode III	884913	3820
8	Oktober Periode IV	884913	4021
9	November Periode I	805110	3640
10	November Periode II	805110	3467
11	November Periode III	805110	3500
12	November Periode IV	805110	3561
13	Desember Periode I	755166	3994
14	Desember Periode II	755166	3420
15	Desember Periode III	755166	3836
16	Desember Periode IV	755166	3255

Data tersebut merupakan data cacat dalam pengemasan dengan jenis cacat yaitu *teabag* tanpa label, *teabag* dalam keadaan rusak dan *teabag* tanpa benang. Pada data tidak ada jumlah yang menunjukkan berapa data untuk cacat tanpa label, *teabag* rusak, dan data cacat tanpa benang. Proses produksi pengemasan dengan *teabag* dilakukan dengan mesin yang khusus.

### 3.2 Analisis Six Sigma

Perusahaan ingin meminimalkan jumlah cacat hingga mencapai 6 *sigma*. 6 *sigma* berarti dalam 1 juta unit produk yang diproduksi hanya ada 3,4 unit yang cacat. Berarti perusahaan memproduksi produk dengan tingkat kepuasan pelanggan mencapai 99,9997%. Sedangkan dari data yang ada, perusahaan menghasilkan jumlah produk cacat cukup banyak, sehingga masih belum dapat mencapai level 6 *sigma*. Berikut ini merupakan tahapan perhitungan *six sigma* yang diperoleh perusahaan.

#### 3.2.1 Define

Mengidentifikasi hal-hal terkait dengan yang dipilih untuk diteliti yaitu bagian pengemasan teh dengan kemasan *teabag*. Tahap *define* ini mencakup identifikasi SIPOC (*Suppliers-Input-Process-Output-Customer*) dan CTQ (*Critical To Quality*).

1. Identifikasi yang dilakukan adalah dengan SIPOC (*Suppliers-Input-Process-Output-Customer*).

SIPOC diagram adalah *tool* yang digunakan tim untuk mengidentifikasi semua elemen yang relevan dalam *process improvement project* yang mungkin tidak tercakup dengan baik. Diagram ini mirip dan berhubungan dengan proses *Mapping*, namun memberikan detail yang lebih lengkap.

*Supplier* – seluruh *supplier* yang terlibat dalam proses.

*Input* – semua *input* yang masuk kedalam proses.

*Process* – adalah proses yang akan diimprove.





*Output* – semua *output* yang berasal dari proses.  
*Customer* – mereka yang menerima *output* dari proses.  
Berikut ini SIPOC perusahaan yang dijabarkan pada Tabel 2.

Tabel 2 SIPOC

<i>Supplier</i>	<i>Input</i>	<i>Process</i>	<i>Output</i>	<i>Customer</i>
Pemasok bahan baku untuk pengemasan <i>teabag</i>	Teh, bahan <i>teabag</i> , benang, label, perekat	1.) Setting mesin bahan baku kemasan 2.) Inspeksi bahan baku kemasan 3.) Pengemasan teh dengan mesin JS6 4.) <i>Quality control</i> kemasan <i>teabag</i>	Teh dengan kemasan <i>teabag</i>	Konsumen, ( <i>retail, non retail</i> ), instansi

## 2. Menentukan CTQ (*Critical to Quality*)

CTQ dapat dikatakan sebagai jenis cacat apa saja yang terjadi selama proses produksi, yang mempengaruhi kualitas dan tidak sesuai dengan spesifikasi perusahaan dan konsumen. Cacat yang diamati pada data yang ada meliputi jenis cacat tanpa label, cacat pada *teabag* dan cacat tanpa benang. Jadi nilai CTQ untuk masalah ini adalah 3.

### 3.2.2 Measure

Pada tahap ini dilakukan perhitungan data secara kuantitatif, yaitu DPO dan DPMO untuk mengetahui bagaimana kondisi kualitas produk di perusahaan. Kemudian akan dilakukan perhitungan nilai *sigma* dan usulan peningkatan nilai *sigma* dalam beberapa periode ke depan.

- Menghitung DPO (*Defects per Opportunities*)

DPO merupakan besar cacat dibagi dengan jumlah produksi dan CTQ, atau besar peluang kecacatan produk.

$$DPO = \frac{\sum Di}{\sum N \times CTQ} = \frac{4140}{827880 \times 3} = 0,001667$$

- Menghitung DPMO (*Defects per Million Opportunities*)

Kegagalan per sejuta kesempatan. DPO dikali dengan satu juta.

$$DPMO = \frac{\sum Di}{\sum N \times CTQ} \times 1000000 = \frac{4140}{827880 \times 3} \times 1.000.000 = 1666,908$$

- Menentukan Nilai *Sigma* Berdasarkan DPMO

Dengan menggunakan tabel konversi nilai *sigma*, didapatkan bahwa nilai *sigma* pada DPMO sebesar 1666,908 adalah 4,4 *sigma*.

- Penentuan Nilai *Sigma* yang harus dicapai

Nilai *sigma* yang ingin dicapai adalah 6 *sigma*.

Berikut ini Tabel 3 rekap untuk perhitungan *six sigma*.

Tabel 3. Perhitungan *Six Sigma*

No	Periode	Total Produksi	Jumlah Cacat	CTQ	DPO	DPMO	<i>Sigma</i>
1	September Periode I	827880	4140	3	0,001667	1666,908	4,435154
2	September Periode II	827880	4138	3	0,001666	1666,103	4,435304
3	September Periode III	827880	4141	3	0,001667	1667,311	4,43508
4	September Periode IV	827880	4138	3	0,001666	1666,103	4,435304
5	Oktober Periode I	884912	4424	3	0,001666	1666,456	4,435239
6	Oktober Periode II	884912	4424	3	0,001666	1666,456	4,435239
7	Oktober Periode III	884913	4425	3	0,001667	1666,831	4,435169



No	Periode	Total Produksi	Jumlah Cacat	CTQ	DPO	DPMO	Sigma
8	Oktober Periode IV	884913	4425	3	0,001667	1666,831	4,435169
9	November Periode I	805110	3220	3	0,001333	1333,151	4,5038
10	November Periode II	805110	3220	3	0,001333	1333,151	4,5038
11	November Periode III	805110	3221	3	0,001334	1333,565	4,503706
12	November Periode IV	805110	3220	3	0,001333	1333,151	4,5038
13	Desember Periode I	755166	3019	3	0,001333	1332,599	4,503926
14	Desember Periode II	755166	3022	3	0,001334	1333,923	4,503624
15	Desember Periode III	755166	3021	3	0,001333	1333,482	4,503725
16	Desember Periode IV	755166	3020	3	0,001333	1333,04	4,503826

Dari hasil perhitungan diketahui bahwa proses produksi kemasan *teabag* memiliki kapabilitas proses yang sudah cukup baik, akan tetapi masih jauh dari target yang diinginkan. Nilai *sigma* menunjukkan gambaran kinerja proses, nilai *sigma* paling rendah pada bulan September Periode III dengan nilai DPMO (menggambarkan kemampuan proses) sebesar 1667,311 yang dikonversikan dengan nilai *sigma* yaitu sebesar 4,43508 *sigma*. Nilai DPMO terendah bulan Desember Periode IV, yaitu sebesar 1333,04 yang dikonversikan dengan nilai *sigma* adalah 4,5 *sigma*. Rata-rata nilai *sigma* yaitu sebesar 4,47 dan nilai rata-rata DPMO ialah 1499,91.

### 3.2.3 Analyze

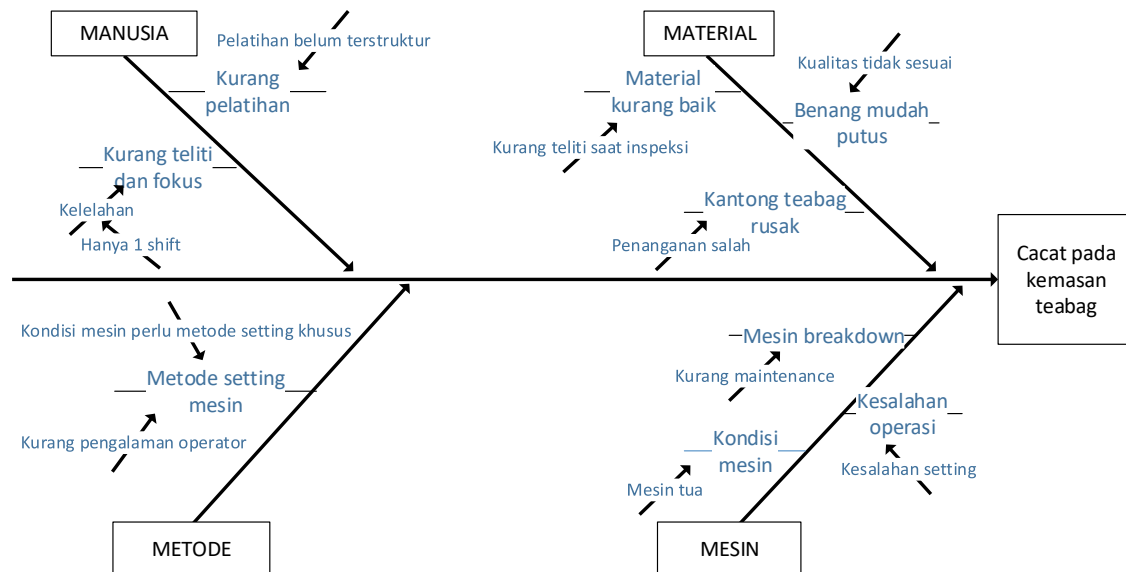
Setiap produk yang diproduksi memiliki kemungkinan untuk terdapat cacat. Dari pengolahan data di atas dapat disimpulkan bahwa hambatan atau masalah yang ada pada perusahaan adalah mengenai kualitas. Permasalahan yang ditemukan dari hasil pengolahan adalah cacat yang terjadi dari bulan September sampai Desember tahun 2015. Pengendalian kualitas yang diamati merupakan produk teh dengan kemasan *teabag*. Jenis cacat yang sering terjadi pada kemasan *teabag* adalah tidak adanya label, benang, dan *teabag* dalam kondisi rusak. Proses produksi dengan kemasan *teabag* ini dilakukan dengan bantuan mesin yang khusus dirancang untuk operasi tersebut.

Perusahaan menginginkan tercapainya cacat seminimal mungkin, selain itu juga ingin mencapai 6 *sigma*. Nilai 6 *sigma* berarti perusahaan tergolong dalam kelas dunia. Dari data yang diperoleh, data cacat masih tergolong banyak. Perhitungan dengan menggunakan metode *six sigma* menunjukkan bahwa nilai *sigma* yang dimiliki perusahaan rata-ratanya ialah sebesar 4,47. Nilai *sigma* ini masih termasuk dalam kategori *sigma* untuk rata-rata industri. Sedangkan untuk *defect per million opportunities* memiliki rata-rata sebesar 1499,91. Nilai *critical to quality* yang dimiliki adalah 3 karena sesuai dengan jenis cacat. Hasil perhitungan ini menunjukkan bahwa masih banyak cacat yang dimiliki dan harus dieliminasi untuk dapat mencapai tujuan yang diinginkan perusahaan. Semakin minimal jumlah cacat yang terjadi maka akan berpengaruh pada pengurangan *rework* untuk produk cacat tersebut. Berikut ini analisis penyebab cacat secara detail dengan menggunakan *tool fishbone* dan analisis 5 *why*

#### Analisis *Fishbone*

Analisis *fishbone* merupakan analisis penyebab masalah dengan cara pengelompokkan dalam 6 faktor. Faktor tersebut adalah manusia, material, mesin, metode, *money*, dan lingkungan. Berikut ini Gambar 1 merupakan *fishbone* diagram, yaitu analisis penyebab masalah kualitas yang timbul pada produksi teh kemasan *teabag*.





Gambar 1 Analisis Fishbone

Dari analisis *fishbone* di atas, parameter yang digunakan adalah manusia, mesin, material, dan metode. Tidak disertakannya *money* dan lingkungan dikarenakan berdasarkan hasil wawancara dengan pihak produksi, dua hal tersebut tidak berpengaruh secara signifikan terhadap cacat yang dihasilkan selama proses produksi. Berikut penjelasan dari masing-masing parameter:

- *Man* (Manusia)

Pelatihan sangat dibutuhkan untuk menambah ilmu dan keterampilan karyawan, misal memberi pelatihan bagaimana cara melihat dan melakukan proses produksi dengan menggunakan mesin. Selain itu faktor operator sering kali mengalami kelelahan dan kejenuhan karena proses kerja yang dilakukan secara terus-menerus dan berulang, hal ini menyebabkan kurang teliti dan fokus dalam melakukan pekerjaan. Faktor kelelahan diakibatkan dari pekerjaan rutin berulang dan hanya 1 *shift*. Hilangnya fokus dapat mengganggu proses operasi yang akhirnya akan berujung pada cacat produk dengan tidak adanya label atau benang pada *teabag*.

Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, maka pihak manajemen atau perusahaan harus lebih memperhatikan kondisi pekerja yang ada, mulai dari melakukan *training* untuk semua pekerja agar ketrampilan yang dimiliki oleh pekerja sama rata. Serta mengadakan kegiatan-kegiatan yang menunjang kondisi psikis dari operator untuk mengurangi kejenuhan dan kelelahan yang dialami operator dan karyawan lainnya. Penambahan atau pergantian shift sebaiknya juga diadakan untuk mengurangi efek kelelahan.

- Material

Dari segi material, yang dapat mempengaruhi lambatnya proses produksi adalah kondisi bahan baku yang cacat. Kecacatan material yang dapat dialami adalah *teabag* dalam keadaan rusak, material untuk kemasan *teabag* tidak sesuai spesifikasi perusahaan. Hal ini dapat disebabkan oleh penanganan bahan baku yang salah atau tidak sesuai prosedur. Selain itu, lolosnya material yang kurang baik juga menjadi penyebab. Bahan benang yang mudah putus juga menyebabkan cacat.

Untuk mengatas permasalahan tersebut, penulis menyarankan untuk melakukan peninjauan kembali terhadap bahan baku supaya tidak ada bahan baku yang cacat. Perketat pada bagian inspeksi bahan baku. Pemilihan bahan baku harus benar-benar sesuai dengan spesifikasi. Apabila material berpotensi besar cacat, sebaiknya diganti dengan yang memiliki potensi cacat kecil.

- *Methode* (Metode)

Operator sering kali melupakan SOP (*Standard Operational Procedure*) yang ada di perusahaan khususnya yang harus ditaati ketika berhadapan dengan mesin produksi. Terutama pada metode atau cara setting mesin. Mesin yang digunakan dalam pengemasan tergolong mesin tua dimana cara setting dan pengoperasian berbeda dengan mesin-mesin modern lainnya. Kurangnya pengalaman operator dalam menangani mesin ini dapat mempengaruhi proses selanjutnya khususnya pada tahap penyettingan.

Untuk menghindari hal-hal tersebut, sebaiknya perusahaan membuat SOP yang betul-betul detail mengenai penyettingan mesin hingga pengoperasian mengingat mesin yang digunakan adalah mesin tua yang perlu penanganan khusus. Perlunya pelatihan khusus bagi operator mesin dan adanya pengawasan dari ahli mesin tersebut juga akan sangat membantu dalam proses produksi.

- *Machine* (Mesin)

Dari faktor mesin, penyebab terjadinya cacat adalah karena adanya mesin breakdown. Hal ini dikarenakan kurangnya *maintenance* yang rutin dan didukung pula oleh kondisi mesin yang sudah tua. Kondisi ini menyebabkan mesin perlu penanganan khusus dan operator ahli tersendiri. Sebab lain adalah kesalahan operasi. Kesalahan ini dapat disebabkan oleh kesalahan pada setting mesin yang menyebabkan kesalahan selanjutnya pada proses operasi.

Sebaiknya, mesin yang sudah termasuk mesin tua dan memerlukan penanganan khusus sebaiknya memiliki operator dan ahli yang juga khusus sehingga dapat memantau kondisi mesin. Selain itu adanya pengawasan juga diperlukan. Perawatan pada mesin sebaiknya sering dilakukan. Aturan baik setting maupun operasi sebaiknya ditempelkan pada sekitar mesin sehingga dapat mengingatkan operator yang akan mengoperasikan mesin tersebut.

Analisis 5 *WHY*

Analisis 5 *why* merupakan analisis untuk mencari sebab paling dasar, atau akar masalah. Analisis ini berhubungan dengan analisis *fishbone*, yaitu dengan memaparkan secara detail faktor yang dianggap paling berpengaruh terhadap timbulnya cacat. Pemaparan dengan cara menjawab 5 pertanyaan yang saling berkaitan dengan kata tanya mengapa hingga ditemukan akar munculnya masalah.

Menurut wawancara dengan pihak produksi, faktor yang dianggap paling berpengaruh dalam menghasilkan cacat ialah pada mesin produksi khusus *teabag*. Berikut Tabel 4 merupakan penjabaran untuk analisis 5 *why*.

Tabel 4 Analisis 5 *WHY*

No	<i>WHY</i>	<i>ANSWER</i>
1	Kenapa bisa disebut cacat?	Karena ditemukan kemasan yang kurang rekat, <i>teabag</i> tanpa benang, serta tanpa label dan tidak sesuai dengan standar.
2	Kenapa bisa kemasan yang kurang rekat dan tidak sesuai dengan standar?	Karena terjadi kesalahan pada faktor mesin.
3	Kenapa faktor mesin menjadi faktor penyebab?	Karena adanya kesalahan pada pengoperasian mesin
4	Kenapa bisa ada kesalahan pada pengoperasian mesin?	Karena terdapat kesalahan operator pada saat melakukan <i>setting</i> mesin sehingga berdampak pada pengoperasian selanjutnya. Karena faktor usia mesin yang sudah tua menyebabkan beberapa bagian penyettingan mesin
5	Kenapa terdapat kesalahan operator pada <i>setting</i> mesin?	sedikit mengalami perubahan sehingga tidak semudah penyetting pada sediakala, inilah yang menyebabkan operator kesulitan dalam melakukan <i>setting</i> .



Berdasarkan analisis faktor penyebab cacat dengan menggunakan 5 pertanyaan *why*, dapat diambil kesimpulan bahwa cacat yang terjadi sangat dipengaruhi oleh keadaan mesin. Keadaan mesin tersebut yang dialami oleh perusahaan khususnya untuk mesin pengemasan *teabag* adalah mesin telah berusia tua. Mesin tersebut menghambat dan menyebabkan cacat yang seharusnya tidak perlu terjadi.

### 3.2.4 Improve

Tahap ini mengemukakan usulan-usulan perbaikan agar dapat terjadi peningkatan kualitas produk yang dihasilkan dan menekan angka cacat. Usulan perbaikan meliputi:

- Jadwal *maintenance* mesin lebih rutin dan dilakukan secara optimal.
- Mengadakan *training* terhadap operator agar lebih memahami kondisi mesin baik cara penyettingan maupun pengoperasian.
- Mengganti mesin yang dirasa sudah sangat tua dengan mesin yang baru sehingga dapat menunjang proses produksi dan melancarkan harapan perusahaan untuk mencapai *six sigma* atau perusahaan dengan level *world class*.

### 3.2.5 Control

Kontrol yang dilakukan bertujuan untuk memastikan bahwa usulan perbaikan untuk meningkatkan nilai sigma dapat dilakukan dan diterapkan dengan baik di perusahaan. Beberapa kontrol yang dapat dilakukan antara lain:

- Perhitungan nilai sigma secara periodik.
- Adanya pengawasan ahli pada setiap pengoperasian mesin.
- Adanya data atau *check sheet* untuk *maintenance* mesin yang berisi jadwal, masalah mesin, pencegahan serta penanganannya.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Cacat yang terjadi merupakan cacat tanpa label, *teabag* rusak, dan tanpa benang. Pemilihan metode *six sigma* dikarenakan perusahaan ingin memiliki cacat kecil dan berlevel *world class* mengingat perusahaan melakukan impor produk. Setelah dilakukan perhitungan, ternyata nilai *sigma* yang dicapai perusahaan baru 4,47 *sigma* dengan nilai DPMO sebesar 1499,91. Hal ini berarti cacat yang dihasilkan perusahaan masih tergolong banyak karena hasil *sigma* menunjukkan bahwa level perusahaan masih pada level rata-rata perusahaan pada umumnya.

Dengan metode *fishbone* diagram dapat diketahui penyebab-penyebab cacat. Parameter yang dijadikan tolak ukur adalah manusia, material, metode, dan mesin. Untuk parameter manusia, faktor yang mungkin terjadi antara lain kurangnya pelatihan bagi seluruh tenaga kerja karena pelatihan kurang terstruktur, selain itu kurang teliti dan fokus dalam melakukan pekerjaan yang dikarenakan oleh faktor kelelahan. Pada material, faktor yang berpengaruh adalah kondisi bahan baku yang kurang baik karena kurang teliti saat proses inspeksi, kantong *teabag* rusak karena penanganan kurang tepat dan benang yang mudah putus dikarenakan kualitas tak sesuai. Untuk metode, faktor yang berpengaruh ialah metode *setting* yang tidak sesuai. Hal ini dapat disebabkan karena kondisi mesin membutuhkan metode teknik penyettingan khusus dan operator kurang ahli dalam penanganan mesin tersebut. Pada mesin faktor yang berpengaruh seperti, mesin *breakdown* karena kurangnya *maintenance*, kesalahan operasi karena kesalahan *setting* mesin dan kondisi mesin yang sudah tua.

Untuk penelitian selanjutnya, dengan tujuan peningkatan kualitas dan nilai *sigma*, sebaiknya perusahaan mendata *defect* yang terjadi secara mendetail, mencakup jenis dan jumlahnya masing-masing. Tujuannya adalah supaya dapat diketahui jumlah dan *defect* mana yang terbesar, hal ini akan memudahkan dalam pengendalian kualitas dan pencarian faktor penyebabnya. Selain itu perlu dilakukan penelitian pada kondisi dan performansi mesin yang digunakan khususnya pada mesin-mesin tua yang berpotensi menyebabkan cacat.



**Daftar Pustaka**

- Assauri, S. (1998). *Manajemen Operasi dan Produksi*. Jakarta: LP FE UI.
- Crosby, P. B. (1979). *Quality is Free*. New York: New American Library.
- Deming, W. E. (1986). *Out Of Crisis*. Cambridge: Massachusetts Institute of Technology.
- Feigenbaum, A. V. (1991). *Total Quality Control* (3rd ed.).
- Gaspersz, V. (2002). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi dengan ISO 9001, 2000, MBNQA dan HACCP*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gasperz, V. (2005). *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Gasperz, V. (2011). *Pedoman Implementasi Program Six Sigma*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- Juran, J. M. (1989). *Juran on Leadership for Quality*. USA: Juran Institute, Inc.
- Manggala, D. (2005). *Mengenal Six sigma Secara Sederhana*. Bandung: ITB.
- Pande, P. S. (2005). *What is Six Sigma?* Yogyakarta: Andi.
- Russel, R., & Taylor, B. W. (2006). *Operations Management: Quality and Competitiveness in a Global Environment 5th Edition*. New Jersey: John Wiley and Son.
- Wahyani, W. (2010). *Penerapan Metode Six Sigma dengan Konsep DMAIC Sebagai Alat Pengendali Kualitas*. Surabaya.
- Wignjosoebroeto, S. (2003). *Pengendalian Kualitas & Reliabilitas Produk*. Jakarta: Guna Widya.



# Pengembangan Model Matematis Kesuksesan Produk dengan Metode LASSO (*Least Absolute Shrinkage and Selection Operator*) dan Model Kano

**Sembadra Dyah Fitriani dan Subagyo**

Program Studi Teknik Industri, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Fakultas Teknik  
Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika 2, Yogyakarta 55281  
Telp. (0274) 521673  
E-mail: sembadra.dyah.f@gmail.com

## Intisari

*Perusahaan membutuhkan dana yang tidak sedikit untuk meluncurkan produk ke pasaran. Apabila produk tersebut gagal, perusahaan mendapatkan kerugian yang tidak sedikit pula. Dengan demikian diperlukan sebuah cara untuk memprediksi apakah produk akan sukses atau gagal, yaitu dengan mengembangkan model matematis. Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sebuah model prediksi kesuksesan produk yang sederhana atau memiliki sedikit variabel. Model dibangun berdasarkan data kanvas strategi 89 produk (18 kelompok produk), yaitu produk otomotif, elektronik, dan jasa. Pembangunan model dilakukan dengan menggunakan tiga cara, yaitu model Kano, metode LASSO dan gabungan antara keduanya. Model terbaik adalah model gabungan LASSO dan Kano.*

*Kata Kunci: kesuksesan produk, model Kano, LASSO.*

## 1. Pendahuluan

### 1.1 Latar belakang

Perekonomian dunia merupakan sebuah lingkungan yang mengalami perubahan yang cepat pada semua *frameworks* (Reguia, 2014). Perusahaan perlu menyesuaikan diri dalam lingkungan ini untuk menjaga eksistensinya dan menghadapi kompetisi yang agresif. Untuk itu, perusahaan perlu untuk memberikan sebuah performa yang baik untuk menyesuaikan dirinya dengan baik.

Inovasi merupakan penggerak penting dalam performa sebuah perusahaan (Hana, 2013). Untuk itu inovasi harus terus dilakukan demi kelangsungan hidup suatu perusahaan. Salah satu inovasi yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah inovasi produk.

Strategi inovasi produk merupakan komitmen sebuah perusahaan untuk mengembangkan dan memasarkan produk yang baru dari perusahaan maupun di pasaran (Li *et al.*, 2001). Inovasi produk, baik barang maupun jasa, sangatlah penting karena produk merupakan sebuah dasar dari pendirian sebuah perusahaan dan merupakan penghubung langsung antara perusahaan dan konsumen yang mana konsumen merupakan objek yang penting bagi perusahaan (Reguia, 2014).

Biaya yang diperlukan untuk meluncurkan sebuah produk inovatif semakin lama semakin tinggi tiap tahunnya. Hal ini bisa dilihat dari biaya rata-rata yang dikeluarkan oleh perusahaan di Amerika Serikat. Biaya rata-rata ini didapatkan dari pembagian biaya keseluruhan untuk meluncurkan produk dengan jumlah *New Product Pascasetter*, yaitu produk yang berhasil menembus penjualan sebesar USD 7,5 juta pada tahun pertama penjualan di Amerika Serikat. Biaya rata-rata yang dikeluarkan perusahaan pada tahun 2013 lebih tinggi empat kali lipat daripada biaya yang dikeluarkan pada periode 1997 – 2010 (Cecere, 2013). Hal ini menandakan bahwa semakin lama biaya untuk meluncurkan produk baru semakin besar.

Melihat tingginya biaya yang dikeluarkan untuk meluncurkan produk dan semakin lama semakin bertambah, perusahaan harus memastikan apakah produk tersebut akan sukses di pasaran karena apabila produk tersebut gagal, perusahaan akan mengalami kerugian yang besar. Untuk



memastikan produk tersebut sukses, perusahaan harus meramalkan kemungkinan produk untuk sukses di pasaran.

Penelitian-penelitian dilakukan guna membangun suatu cara untuk mengukur kemungkinan dari kesuksesan suatu produk. Pengukuran kesuksesan produk dapat dilakukan menggunakan sebuah model matematis. Beberapa penelitian untuk membangun model matematis dengan nilai *error* yang rendah dilakukan oleh Uletika (2009) menggunakan kanvas strategi, namun dalam penelitian model matematis ini hanya mengandung satu variabel bebas. Model ini kemudian dikembangkan melalui penelitian-penelitian selanjutnya, seperti pada penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan (2010), Wijaya (2011), dan Priyadi (2012), menggunakan pendekatan model Kano. Pada penelitian-penelitian tersebut, model matematis yang dikembangkan masih memiliki variabel yang banyak.

Model matematis yang baik merupakan model matematis yang simpel namun masih memenuhi tujuan dibangunnya model tersebut (Bender, 2000). Model matematis yang kurang simpel dan memiliki banyak variabel mempunyai beberapa kekurangan. Variabel-variabel dapat berada pada *environment* yang sama atau berkorelasi tinggi sehingga terjadilah redundansi (Draper *et al*, 1981). Dengan kata lain, terdapat variabel yang sebenarnya tidak perlu dicantumkan dalam model (*overfitting*) (Montgomery *et al*, 2005). Selain itu, adanya variabel bebas yang tidak relevan dengan variabel terikat mengakibatkan berkurangnya tingkat presisi dari sebuah model (Studenmund, 2010).

Banyaknya variabel menyebabkan pencarian dan pengumpulan data menjadi rumit dan membutuhkan waktu yang lama. Hal ini akan memperlambat peluncuran produk baru. Ketika data terkumpul, diukurlah kesuksesan produk menggunakan model matematis. Produk yang dinyatakan sukses kemudian diluncurkan. Karena pengumpulan data yang lama, bisa jadi peluncuran produk tersebut terlambat dan telah didahului produk perusahaan lain yang serupa dan baru saja diluncurkan ke pasaran. Hal ini mengakibatkan kompetisi semakin ketat. Dengan demikian, pembaruan model matematis untuk memprediksi kesuksesan produk dengan mereduksi variabel bebas perlu dilakukan.

### 1.2 Asumsi dan batasan masalah

Asumsi dan batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Kesuksesan produk dipengaruhi oleh 14 variabel kesuksesan produk. Variabel lain diluar itu dianggap tidak berpengaruh.
2. Indikator yang digunakan adalah *market share*. Indikator yang tidak ada dianggap tidak berpengaruh.

### 1.3 Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Mendapatkan model matematis yang digunakan untuk memprediksi kesuksesan suatu produk dan menyederhanakan variabel bebas pada model matematis yang telah didapatkan.
2. Mengetahui perbandingan kemampuan prediksi model matematis dari penelitian ini dengan penelitian-penelitian mengenai pembangunan model prediksi kesuksesan produk yang sudah ada.

## 2. Metodologi

Data yang digunakan untuk membangun model adalah data sekunder yang bersumber dari beberapa penelitian yang dilakukan oleh penelitian kesuksesan produk terdahulu. Data ini merupakan data produk elektronik, otomotif, dan jasa yang terdiri dari kanvas strategi yang telah distandardisasi sebagai variabel bebasnya dan data *market share* yang telah distandardisasi sebagai variabel terikatnya. Sementara itu, data yang digunakan untuk menguji kemampuan prediksi model merupakan data kanvas strategi dari penelitian Kim dan Mauborgne (2005).





Pada penelitian ini, variabel kesuksesan produk yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Variabel kesuksesan yang digunakan

Label	Variabel Kesuksesan	Keterangan
X <sub>1</sub>	<i>Price</i>	Persepsi konsumen terhadap harga produk.
X <sub>2</sub>	<i>Safety</i>	Tingkat keamanan yang ada pada suatu produk.
X <sub>3</sub>	<i>Economical consumption</i>	Tingkat konsumsi energi suatu produk supaya produk dapat digunakan.
X <sub>4</sub>	<i>Product Performance</i>	Performa dari suatu produk.
X <sub>5</sub>	<i>Product Design</i>	Desain suatu produk.
X <sub>6</sub>	<i>Features</i>	Tingkat kelengkapan atribut dasar dari suatu produk.
X <sub>7</sub>	<i>Extra features</i>	Atribut tambahan yang membedakan suatu produk dengan produk yang lainnya.
X <sub>8</sub>	<i>Ergonomics</i>	Kenyamanan suatu produk ketika digunakan.
X <sub>9</sub>	<i>Aftersales service</i>	Tingkat pelayanan yang didapatkan konsumen setelah ia membeli suatu produk.
X <sub>10</sub>	<i>Maintenance and repair</i>	Kemudahan dalam melakukan perawatan dan perbaikan suatu produk.
X <sub>11</sub>	<i>Ordering ease</i>	Kemudahan untuk mendapatkan produk.
X <sub>12</sub>	<i>Time to market</i>	Tingkat kecepatan suatu produk untuk dipasarkan.
X <sub>13</sub>	<i>Brand</i>	Persepsi masyarakat mengenai <i>image</i> suatu produk.
X <sub>14</sub>	<i>Advertising</i>	Usaha yang ditempuh untuk menyosialisasikan produk ke pasaran.

Terdapat beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini. Langkah pertama yang dilakukan adalah menganalisis data kanvas strategi untuk mengetahui apakah terdapat *missing value* atau tidak. Apabila ada, dilakukan *multiple imputation*.

Langkah kedua adalah membuat model prediksi berdasarkan tiga metode, yaitu model Kano, LASSO dan gabungan dari keduanya. Model Kano digunakan untuk mengelompokkan variabel kesuksesan produk ke dalam 3 kelompok dengan sifat yang berbeda-beda, yaitu *must-be*, *one-dimensional*, dan *attractive*. Untuk mengelompokkan variabel, dibangun 3 persamaan, yaitu logaritmik, linier, dan eksponensial. Variabel yang memiliki SSE paling kecil pada persamaan: logaritmik dimasukkan ke dalam kelompok *must-be*, linier dimasukkan ke dalam kelompok *one-dimensional* dan *eksponensial* dimasukkan ke dalam kelompok *attractive*. Pengelompokan ini dilanjutkan dengan pembangunan model matematisnya. Model ini merupakan model gabungan yang terdiri dari tiga kelompok yang telah disebutkan sebelumnya, sehingga terdapat persamaan logaritmik, linier dan eksponensial di dalamnya.

Pada pembuatan model menggunakan LASSO, model dibangun menggunakan regresi linier yang diberi batasan L1, yaitu jumlah absolut dari nilai koefisien variabel-variabel pada model kurang dari sama dengan nilai *t* (*turning parameter*). Batasan ini dapat menyusutkan koefisien variabel menjadi 0 sehingga dapat bertindak sebagai seleksi variabel dan dapat menghindarkan dari multikolinearitas (Thibshirani, 1996).

Pada pembuatan model menggunakan gabungan dari model Kano dan LASSO, variabel yang lolos seleksi variabel pada LASSO kemudian digunakan untuk membangun model prediksi menggunakan model Kano.

Langkah ketiga adalah menguji kemampuan prediksi dari model dan menentukan model mana yang terbaik. Model terbaik ditentukan berdasarkan jumlah variabel dan kemampuan prediksinya, dimana kemampuan prediksi ini didapatkan dari kecocokan peringkat kesuksesan



produk yang diprediksi dengan peringkat yang sesungguhnya. Setelah model terbaik dipilih, model ini kemudian dibandingkan dengan model kesuksesan produk yang telah ada sebelumnya.

### 3. Hasil dan pembahasan

#### a. Analisis *missing value* pada data

Data kanvas strategi memiliki 374 *missing value*. Hal ini setara dengan 30,02% dari data keseluruhan. *Missing value* ini tidak dapat diabaikan karena jumlahnya lebih dari 10% (Hair et al., 2010). Dengan demikian dilakukan *multiple imputation data* untuk mengganti kekosongan data tersebut dengan nilai tertentu.

#### 3.2 Pembangunan model prediksi kesuksesan produk

Model prediksi kesuksesan produk dibangun menggunakan tiga cara, yaitu berdasarkan model Kano, LASSO dan gabungan antara keduanya. Berikut penjelasan dan alternatif model yang telah dibangun.

##### 1. Model matematis berdasarkan model Kano

Variabel kesuksesan produk dikelompokkan ke dalam kelompok *must-be*, *one-dimensional* dan *attractive* berdasarkan nilai SSE yang terkecil. Perbandingan nilai SSE tiap variabel dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan nilai SSE variabel kesuksesan produk (Kano)

Variabel Kesuksesan		SSE (% <sup>2</sup> )		
		Logaritmik	Linier	Eksponensial
<i>Price</i>	<b>X1</b>	24710	26095	25969
<i>Safety</i>	<b>X2</b>	23723	22913	23030
<i>Feature</i>	<b>X3</b>	27910	28493	28462
<i>Product performance</i>	<b>X4</b>	23725	22478	21908
<i>Aftersale service</i>	<b>X5</b>	22572	23083	23486
<i>Economical</i>	<b>X6</b>	20792	21009	21732
<i>Maintenance and repair</i>	<b>X7</b>	24918	23456	23051
<i>Ergonomics</i>	<b>X8</b>	26236	25574	25540
<i>Ordering ease</i>	<b>X9</b>	23188	21961	22248
<i>Brand</i>	<b>X10</b>	24010	24296	24578
<i>Extra feature</i>	<b>X11</b>	26203	22077	20994
<i>Design</i>	<b>X12</b>	26109	25306	25500
<i>Advertising</i>	<b>X13</b>	30078	32009	31234
<i>Time to market</i>	<b>X14</b>	68068	22129	30980

Dari perbandingan nilai SSE pada Tabel 2, dapat dilihat bahwa variabel *ergonomics* memiliki nilai SSE terkecil yang hampir sama pada persamaan linier dan eksponensial. Hal ini menandakan bahwa *ergonomics* dapat dikelompokkan ke dalam kelompok *one-dimensional* dan *attractive*. Pengelompokan variabel kesuksesan secara keseluruhan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Pengelompokan variabel kesuksesan produk (Kano)

<i>Must be</i>	<i>One dimensional</i>	<i>Attractive</i>
<i>Price</i> (X1)	<i>Safety</i> (X2)	<i>Performance</i> (X4)
<i>Feature</i> (X3)	<b><i>Ergonomics</i> (X8)</b>	<i>Maintenance</i> (X7)
<i>Aftersales service</i> (X5)	<i>Ordering ease</i> (X9)	<b><i>Ergonomics</i> (X8)</b>
<i>Economical consumption</i> (X6)	<i>Design</i> (X12)	<i>Extra feature</i> (X11)



Brand (X10)	Time to market (X14)	
Advertising (X13)		

Berdasarkan Tabel 3, kelompok *must-be* terdiri dari variabel *price*, *feature*, *aftersales*, *economical*, *brand*, dan *advertising*. Variabel-variabel ini harus terpenuhi dalam suatu produk. Apabila variabel ini dipenuhi lebih dari seharusnya, kepuasan konsumen tidak akan bertambah. Kelompok *one-dimensional* terdiri dari *safety*, *ergonomics*, *ordering ease*, *design*, dan *time to market*. Apabila variabel-variabel ini semakin terpenuhi, semakin besar kepuasan konsumen. Kelompok *attractive* terdiri dari *performance*, *maintenance*, *ergonomics*, dan *extra feature*. Pemenuhan variabel-variabel ini dapat meningkatkan kepuasan konsumen secara pesat.

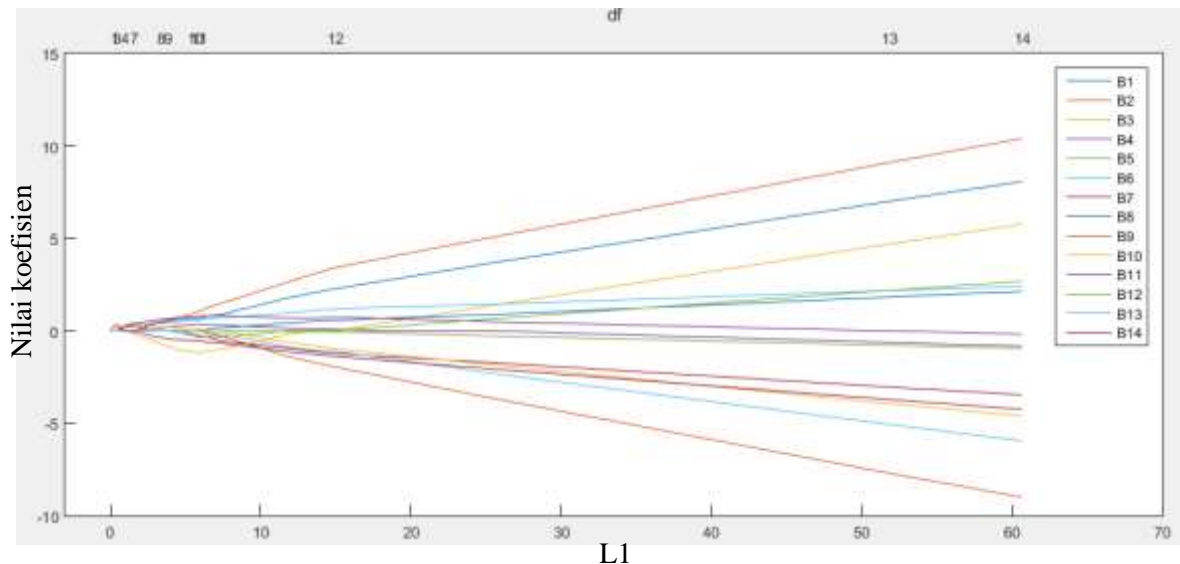
Selanjutnya dilakukan pembangunan model. Terdapat dua model yang dihasilkan, yaitu model Kano 1 dan Kano 2. Model Kano 1 menempatkan *ergonomics* ke dalam kelompok *one-dimensional* sedangkan model Kano 2 menempatkan *ergonomics* ke dalam kelompok *attractive*. Model Kano 1 dapat dilihat pada Persamaan (1) dan model Kano 2 pada Persamaan (2).

$$Z_{K1} = -1,9265 + 169,93\ln(0,0111X_1 - 0,0007X_3 + 0,0021X_5 + 0,010X_6 - 0,0047X_{10} - 0,0017X_{13}) + 0,0839(-14,705X_2 + 109,79X_8 + 41,258X_9 - 7,0146X_{12} - 12,515X_{14}) + 113,66e^{0,0009(-52,923X_4 - 193,91X_7 + 76,176X_{11})} \quad (1)$$

$$Z_{K2} = -1,9335 + 160,22\ln(0,0099X_1 - 0,0007X_3 + 0,0021X_5 + 0,00902X_6 - 0,0004X_{10} - 0,0019X_{13}) + 0,0729(-17,204X_2 + 41,258X_9 - 7,5153X_{12} - 15,298X_{14}) + 155,01e^{0,0001(-48,696X_4 - 201,61X_7 + 13,968X_8 + 89,599X_{11})} \quad (2)$$

## 2. Model LASSO

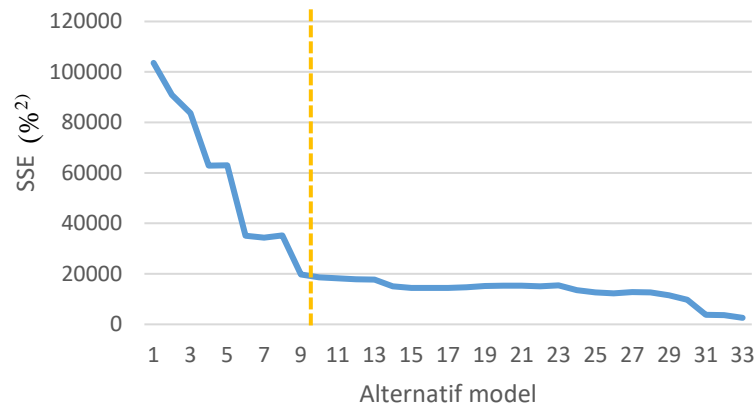
Pembangunan model menggunakan LASSO menghasilkan plot antara nilai koefisien dan nilai batasan L1. Plot ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Plot nilai koefisien dan nilai batasan L1

Garis yang berada pada Gambar 1 melambangkan variabel kesuksesan produk. Apabila garis tersebut menyentuh sumbu x, maka koefisien dari variabel kesuksesan produk bernilai 0. Apabila koefisiennya bernilai 0, variabel kesuksesan tersebut tidak dimasukkan ke dalam model.

Plot ini menghasilkan 33 alternatif model dengan jumlah variabel kesuksesan produk dan nilai koefisien yang berbeda. Untuk menentukan model mana yang dipilih, dilakukan validasi silang berdasarkan nilai SSE. Perbandingan nilai SSE dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Perbandingan nilai SSE alternatif model LASSO

Dari Gambar 2, dapat dilihat bahwa model yang dipilih merupakan model yang tingkat kompleksitasnya paling kecil namun masih memiliki SSE yang rendah. Model ini dapat dilihat pada Persamaan (3).

$$Z_L = 0,1939X_2 + 0,2735X_6 + 0,3732X_{10} + 0,2954X_{11} - 0,0342X_{14} \quad (3)$$

### 3. Model Kano dan LASSO

Pembangunan model kali ini menggunakan variabel kesuksesan produk yang telah tersaring dan dimasukkan ke dalam model LASSO, yaitu *safety*, *economical consumption*, *brand*, *extra feature* dan *time to market*. Variabel ini kemudian dicari dan dibandingkan nilai SSE-nya lalu dilakukan pengelompokan variabel. Perbandingan nilai SSE dari variabel ini dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perbandingan nilai SSE variabel kesuksesan produk (Kano dan LASSO)

Variabel kesuksesan		SSE (% <sup>2</sup> )		
		Logaritmik	Linear	Eksponensial
<i>Safety</i>	$X_2$	23724	22913	23030
<i>Economical consumption</i>	$X_6$	20792	21009	21732
<i>Brand</i>	$X_{10}$	24010	24296	24578
<i>Extra Feature</i>	$X_{11}$	26203	22077	20994
<i>Time to Market</i>	$X_{14}$	68068	22129	30980

Setelah nilai SSE selesai dibandingkan, pengelompokan variabel dilakukan. Hasil pengelompokan ini dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Pengelompokan variabel kesuksesan produk (Kano dan LASSO)

<i>Must be</i>	<i>One dimensional</i>	<i>Attractive</i>
<i>Economical consumption (X6)</i>	<i>Safety (X2)</i>	<i>Extra feature (X11)</i>
<i>Brand (X10)</i>	<i>Time to market (X14)</i>	

Tabel 5 menunjukkan bahwa variabel *economical consumption* dan *brand* masuk ke dalam kelompok *must-be*. Hal ini berarti kedua variabel ini merupakan *basic requirement* yang harus



ada dalam suatu produk. Variabel *safety* dan *time to market* masuk ke dalam kelompok *one-dimensional*. Hal ini berarti apabila kedua variabel ini semakin terpenuhi, semakin besar *market share*. Variabel *extra feature* masuk ke dalam kelompok *attractive*. Hal ini berarti pemenuhan *extra feature* walaupun sedikit akan meningkatkan *market share* secara eksponensial. Pengelompokan ini menghasilkan model kesuksesan produk yang dapat dilihat pada Persamaan (4).

$$Z_{LK} = 85,87 + 7,776 \ln(-0,025X_6 + 7,963X_{10}) + 0,183(1,24X_2 + 0,063X_{14}) - 85,525e^{0,059(2,374X_{11})} \quad (4)$$

### 3.3 Perbandingan nilai R<sup>2</sup>

Variabel kesuksesan produk yang digunakan pada kasus ini berjumlah 14 dan *data set* yang digunakan berjumlah 89 buah. Hal ini menandakan bahwa R<sup>2</sup> minimal sehingga model memenuhi signifikansi adalah 23,96% (Hair, 2010). Tabel 6 menunjukkan perbandingan nilai R<sup>2</sup> dari alternatif model.

Tabel 6. Perbandingan nilai R<sup>2</sup>

No.	Model	R <sup>2</sup> (%)
1.	Kano 1	70,32
2.	Kano 2	70,46
3.	LASSO	24,00
4.	LASSO dan Kano	30,53

Tabel 6 menunjukkan bahwa semua model memenuhi signifikansi. Nilai R<sup>2</sup> tertinggi dimiliki oleh model Kano 2.

### 3.4 Perbandingan kemampuan prediksi dan jumlah variabel alternatif model

Setelah dibandingkan berdasarkan nilai R<sup>2</sup>-nya, alternatif model dibandingkan berdasarkan kemampuan prediksi dan jumlah variabel kesuksesannya. Perbandingan tersebut dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Perbandingan kemampuan prediksi dan jumlah variabel alternatif model

No.	Model	Jumlah Variabel	Kemampuan Prediksi (%)
1.	Kano 1	14	82,14
2.	Kano 2	14	35,71
3.	LASSO	5	82,14
4.	Kano dan LASSO	5	85,71

Tabel 7 menunjukkan bahwa model Kano 1 mempunyai kemampuan prediksi yang lebih tinggi dibandingkan dengan model Kano 2. Hal ini menandakan bahwa *ergonomics* lebih cocok dikelompokkan ke dalam kelompok *one-dimensional*.

Model yang memiliki nilai kemampuan prediksi tertinggi adalah model yang dibangun menggunakan gabungan dari Kano dan LASSO. Nilai kemampuan prediksi terendah dimiliki oleh model Kano 2.

### 3.5 Pemilihan Model Terbaik

Bila ditinjau dari segi kemampuan prediksinya, model yang dibangun menggunakan metode Kano dan LASSO memiliki kemampuan prediksi yang paling tinggi diantara model-model lainnya, yaitu sebesar 85,71%. Bila ditinjau dari nilai R<sup>2</sup>, walaupun model ini memiliki R<sup>2</sup> yang lebih rendah daripada model Kano 1 dan Kano 2, model ini masih memenuhi memenuhi R<sup>2</sup> minimum untuk 89 data, 14 variabel, dan  $\alpha=0,05$ , yaitu sebesar 23,96% (Hair dkk, 2010). Jumlah variabel dari model ini juga paling sedikit. Hal ini menandakan bahwa model ini merupakan model yang paling sederhana daripada model-model lainnya

Pada model ini, *safety* memiliki pengaruh positif terhadap *market share* sehingga semakin tinggi tingkat keamanan suatu produk, semakin tinggi *market share*. Hal ini dibuktikan dengan adanya survei yang dilakukan oleh Accenture. Sembilan dari 12 teknologi yang diinginkan



konsumen untuk ditambahkan ke dalam kendaraannya adalah yang berhubungan dengan keamanan.

*Economical consumption* memiliki pengaruh negatif terhadap *market share* sehingga semakin sedikit konsumsi secara ekonomis, *market share* semakin meningkat. ASE (2012) menyatakan bahwa penggunaan produk yang efisien energi dapat menghemat pengeluaran *user*. Contohnya dapat dilihat pada *air conditioner* (AC). AC yang efisien energi akan menggunakan daya listrik lebih kecil daripada AC yang tidak efisien energi. Dengan adanya hal ini, *user* mengeluarkan uang yang lebih sedikit untuk listrik. Penghematan pengeluaran ini menyebabkan konsumen mau membeli produk yang *economical consumption*-nya rendah.

*Brand* memiliki pengaruh yang positif terhadap *market share*. Konsumen lebih memilih untuk membeli produk dengan *brand* yang baik dan memiliki citra yang baik. Hal ini dibuktikan dengan penelitian yang dilakukan oleh Nielsen (2014). Sebanyak 55% konsumen *online* di 60 negara mengatakan bahwa mereka mau untuk membayar produk dan jasa dari perusahaan yang memiliki citra yang baik dan memiliki tanggung jawab yang baik, utamanya pada sosial maupun lingkungan.

*Extra feature* memiliki pengaruh negatif terhadap *market share*. Menurut Brown dan Carpenter (2000), adanya *feature* tambahan memang merupakan salah satu alasan mengapa konsumen membeli suatu produk, namun terlalu banyak *feature* tambahan merupakan suatu hal yang berlebihan bagi konsumen dan dapat menyebabkan ketidak-puasan dan *feature fatigue*. Hal ini dikarenakan menurut Ammirati (2003), konsumen tidak akan menggunakan semua *feature* yang ditambahkan ke dalam produk yang mereka beli.

*Time to market* juga memiliki pengaruh positif terhadap *market share*. Semakin cepat *time to market*, semakin tinggi *market share*-nya. Hal ini sesuai dengan Krasner (2007) yang menyatakan pada jasa perbankan, *time to market* terlalu lama akan menimbulkan biaya yang sangat besar dan mempengaruhi profit perusahaan. Namun, perusahaan harus menentukan titik optimum untuk meminimasi *time to market* dan memaksimalkan performa dari produk karena *time to market* yang terlampau cepat juga tidak baik bagi perusahaan.

Dengan memakai model ini, untuk meningkatkan *market share*, perusahaan dapat meningkatkan kanvas strategi dari *safety*, *brand* dan *time to market* dan menurunkan kanvas strategi dari *economical consumption* dan *extra features*.

Pada kelompok *must-be*, penurunan 10 poin kanvas strategi pada *economical consumption* menyebabkan *market share* naik sebesar 0,02% dan penambahan 10 poin kanvas strategi pada *brand* dapat meningkatkan *market share* sebesar 1,99%. Pada kelompok *one-dimensional*, penambahan 10 point kanvas strategi pada *safety* akan meningkatkan *market share* sebesar 2,272% dan penambahan 10 poin kanvas strategi pada *time to market* akan meningkatkan *market share* sebesar 0,11529%. Pada kelompok *attractive*, penurunan 1 poin kanvas strategi saja pada *extra features* dapat meningkatkan *market share* sebesar 106,13%.

Dari penjelasan di atas, dapat dilihat bahwa ternyata pengurangan kanvas strategi pada *extra feature* sedikit saja dapat meningkatkan *market share* secara signifikan. Dengan demikian perusahaan dapat lebih fokus terhadap variabel tersebut daripada variabel-variabel yang lainnya.

### 3.6 Perbandingan Interpenelitian Kesuksesan Produk

Tabel 8 menunjukkan perbandingan kemampuan prediksi dan jumlah variabel penelitian ini dengan penelitian kesuksesan lainnya yang dihasilkan dari pemakaian model pada kanvas strategi Kim dan Mauborgne (2005).

Tabel 8. Perbandingan kemampuan prediksi interpenelitian

No.	Model	Kemampuan Prediksi (%)
1.	Trapsilawati (2010)	64,29
2.	Febrita (2011)	64,29
3.	Wijaya (2011)	71,43
4.	Widiaswari (2011)	71,43



No.	Model	Kemampuan Prediksi (%)
5.	Inda (2011)	71,43
6.	Piyadi (2012)	64,29
7.	Penelitian ini	85,71

Dari Tabel 8 dapat dilihat bahwa model yang dihasilkan pada penelitian ini memiliki kemampuan prediksi paling tinggi daripada penelitian yang lainnya.

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Model prediksi kesuksesan yang terpilih dibuat menggunakan kombinasi antara LASSO dan Kano. Model ini memiliki  $R^2$  sebesar 30,53% dan jumlah variabel sebanyak 5 buah, yaitu *brand*, *extra feature*, *economical consumption*, *safety* dan *time to market*.
2. Model pada penelitian ini dan penelitian-penelitian sebelumnya digunakan pada data 14 kanvas strategi hasil penelitian Kim dan Mauborgne (2005) dan model yang dihasilkan penelitian ini memiliki kemampuan prediksi tertinggi, yaitu 85,71%.

#### Daftar Pustaka

- Accenture, 2012, Consumers Want Cars Equipped with More Safety Devices and Technology That Offers Driver Assistance and Advanced Communication, akses online 12 September 2016, URL:<https://newsroom.accenture.com/industries/automotive/consumers-want-cars-equipped-with-more-safety-devices-and-technology-that-offers-driver-assistance-and-advanced-communication>.
- Ammirati, S., 2003, *Other Voices: Ask Your Users: Less Really Can Be More*, Information Week.
- ASE, 2012, Top 5 Reasons To Be Energy Efficient, akses online 1 Agustus 2016, URL: <http://www.ase.org/resources/top-5-reasons-be-energy-efficient#1>.
- Bender, E.A., 2000, *An Introduction to Mathematical Modelling*, Dover Publication, New York.
- Brown, C.L. dan Carpenter, G.S., 2000, Why Is The Trivial Important? A Reason-Based Account for the Effects of Trivial Attributes on Choice, *Journal of Consumer Research*, Vol. 26, pp. 44-51.
- Cecere, L., 2013, New Products: More Costly and More Important, akses online 18 Maret 2016, URL: <http://www.forbes.com/sites/loracecere/2013/12/11/new-products-more-costly-and-more-important/#3f9ac15c797f>.
- Draper, N. R. dan Smith H., 1981, *Applied Regression Analysis*, Wiley, New York.
- Febrita, I.D., 2011, *Tugas Akhir: Model Prediksi Kesuksesan Produk Berbasis Pendekatan Model Kano*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Hair, J.F., Black W.C., Babin B.J., dan Anderson R.E., 2010, *Multivariate Data Analysis, 7<sup>th</sup> Ed.*, Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Hana, U., 2013, Competitive Advantage Achievement through Innovation and Knowledge, *Journal of Competitiveness*, Vol. 5, pp. 82 – 96.
- Inda, A., 2011, *Tugas Akhir: Modifikasi Model Matematis Kesuksesan Produk Berbasis Model Kano*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Kim, W.C., dan Mauborgne, R., 2005, Blue Ocean Strategy: From Theory to Practice, *California Review Management*, Vol. 47, pp. 150.
- Krasner, J., 2007, *RTOS Selection and Its Impact on Enhancing Time-To-Market and On-Time Design Outcomes*, American Technology International, Inc., Framingham.
- Kurniawan, A., 2010, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematis untuk Prediksi Kesuksesan Produk*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.



- Li, H. and Atuahene-Gima, K., 2001, Product Innovation Strategy and The Performance of New Technology Ventures in China, *Academy of Management Journal*, Vol 44, pp. 1123 – 1134.
- Montgomery, D. C. And Runger, G. C., 2011, *Applied Statistic and Probability for Engineers*, 5<sup>th</sup> Edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jersey.
- Nielsen, 2011, Nielsen Revolutionizes Way Companies Approach Product Innovation, akses online 11 Agustus 2016, URL: <http://ir.nielsen.com/investor-relations/shareholder-information-press-releases/Press-Release-Details/2011/NielsenRevolutionizes-Way-Companies-Approach-Product-Innovation/default.aspx>.
- Priyadi, 2012, *Tugas Akhir: Modifikasi Model Prediksi Kesuksesan Produk dengan Pendekatan Model Kano Berbasis Kanvas Strategi*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Reguia, C., 2014, Product Innovation and The Competitive Advantage, *European Scientific Journal*, Vol. 1, pp. 140 – 157.
- Studenmund, A. H., 2011, *Using Econometrics: A Practical Guide*, Addison-Wesley, Boston.
- Tibshirani, R., 1996, Regression Shrinkage and Selection via the Lasso, *Journal of the Royal Statistical Society. Series B (Methodological)*, Vol. 58, pp. 267 – 288
- Uletika, N. S., 2009, *Tesis: Model Prediksi Produk Sukses Berdasarkan Kanvas Strategi*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Widiaswari, 2011, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Matematis Prediksi Kesuksesan Produk dengan Pertimbangan Hubungan Inter-Variabel Bebas*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Wijaya, 2011, *Tugas Akhir: Pengembangan Model Prediksi Kesuksesan Produk*, Departemen Teknik Mesin dan Industri Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.





## **Pengendalian Produksi Cokelat nDalem Dalam Meminimasi *Bullwhip Effect* (Studi Kasus pada CV. nDalem Mulya Mandiri)**

**Dwi Agustina Kurniawati, Arifiani Putranti**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga  
Jalan Marsda Adisucipto, Yogyakarta, 55281  
Telp. (0274) 589621  
E-mail: dwi.kurniawati@uin.suka.ac.id, arifianiputranti17@gmail.com

### **Intisari**

*Pengendalian produksi sangat diperlukan dalam mereduksi kemungkinan terjadinya gap yang tinggi antara produksi dengan penjualan sebagai dampak negatif bullwhip effect (BE). CV. nDalem Mulya Mandiri merupakan perusahaan di Yogyakarta yang memproduksi Cokelat nDalem dengan berbagai varian rasa. Dalam hal produksi, perusahaan masih sering menanggung banyak persediaan akibat tidak adanya forecast pada setiap stock keeping unit. Pengendalian produksi berbagai varian Cokelat nDalem dilakukan dengan mengklasifikasikan produk menggunakan metode klasifikasi ABC. Dari metode tersebut diketahui kategori A (produk paling penting dengan persediaan tinggi) adalah varian dark, extra dark, alitan mint, alitan kopi bali, alitan kopi jogja, agengan mint, dan alitan ronde. Penelitian dilakukan supaya diketahui besarnya bullwhip effect yang terjadi di perusahaan sehingga dapat diminimalkan sebagai langkah pengendalian pada kegiatan produksi dengan menggunakan metode forecast yang sesuai. Dari hasil penelitian diketahui data permintaan adalah pola siklis dan beberapa memiliki kecenderungan tren sehingga digunakan empat metode yang diuji yaitu moving average, weighted moving average, exponential smoothing, dan analisis regresi. Pemilihan metode yang paling tepat dilakukan dengan pemilihan MSE terkecil dari masing-masing forecast. Dari metode forecast terbaik, bullwhip effect dapat diminimalkan sehingga nilainya setelah dilakukan forecast menjadi 0.48 (dark), 0.39 (ekstra dark), 0.48 (alitan mint), 0.64 (alitan kopi bali), 0.18 (alitan kopi jogja), 0.13 (agengan mint), 0.43 (alitan ronde). Dari metode terbaik diperoleh ramalan untuk periode Januari 2016 varian dark sebesar 555 bar, extra dark 345 bar, alitan mint sebesar 194 bar, alitan kopi bali sebesar 278, alitan kopi jogja sebesar 184 bar, agengan mint sebesar 137 bar, alitan ronde sebesar 206 bar.*

*Kata Kunci: Pengendalian Produksi, Bullwhip Effect, Klasifikasi ABC, Forecast*

### **1. Pendahuluan**

Persaingan bisnis dan perkembangan teknologi yang sangat pesat menjadi tantangan bagi perusahaan. Memiliki produk yang berkualitas dengan harga kompetitif pada waktu dan tempat yang tepat akan meningkatkan daya saing perusahaan. Sumber daya dan kompetensi yang dibutuhkan tidak hanya berasal dari individu perusahaan, akan tetapi juga membutuhkan kerjasama dan kolaborasi terintegrasi dengan perusahaan lain dalam suatu jaringan bisnis untuk mencapai tujuan bersama. Dinamika permintaan konsumen menuntut pelaku usaha industri untuk dapat meningkatkan efisiensi dan pelayanan terpadu. Hal tersebut dapat dilakukan dengan pendekatan *Supply Chain Management* (SCM).

SCM merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk mengintegrasikan secara efisien antara supplier, pabrik, gudang, dan toko-toko, sehingga barang yang diproduksi dan didistribusikan berada pada jumlah, lokasi, dan waktu yang tepat untuk meminimalkan biaya berbagai sistem sementara pemenuhan tingkat pelayanan (*service level*) memuaskan (Simchi-Levi, 2008). Dengan kata lain *supply*



*chain* harus mampu mengurangi ongkos akibat memproduksi terlalu banyak atau terlalu sedikit pada suatu periode. Pendekatan tersebut bertujuan menghindarkan dari ketidakpastian. Ketidakpastian bisa berasal dari arah permintaan, supplier, maupun internal perusahaan. Salah satu ketidakpastian dalam SCM yaitu pada kegiatan produksi dalam menentukan kuantitas produk yang akan diproduksi pada setiap periodenya, dimana terkadang terjadi kelebihan dan kekurangan stok (*stockout*). Hal tersebut dalam *supply chain* lebih dikenal sebagai *bullwhip effect*. *Bullwhip Effect* merupakan suatu keadaan yang terjadi dalam *supply chain*, dimana permintaan dari konsumen mengalami perubahan yang menyebabkan distorsi permintaan dari setiap tahapan *supply chain* (Siahaya, 2013). Dampak dari *bullwhip effect* menyebabkan *safety stock* naik, kualitas pelayanan menurun, alokasi sumber daya tidak efisien, biaya transportasi naik, dan rencana kerja berubah (Pujawan, 2010). Oleh sebab itu diperlukan pengendalian produksi yang tepat dalam mereduksi kemungkinan terjadinya gap yang tinggi antara produksi dengan penjualan.

CV. nDalem Mulya Mandiri merupakan salah satu perusahaan di Yogyakarta yang memproduksi coklat dengan berbagai varian rasa. Cokelat olahan yang diproduksi perusahaan dikenal dengan nama Cokelat nDalem. Perusahaan memproduksi Cokelat nDalem dengan varian rasa pada kuantitas yang berbeda-beda setiap periodenya. Akan tetapi dalam hal produksi perusahaan masih sering menanggung kelebihan persediaan karena tidak dilakukan peramalan. Pemberian promo berupa diskon produk karena stok berlebih menunjukkan ketidaksesuaian rencana produksi dan mencerminkan kegagalan pemenuhan target produksi, hal tersebut merupakan masalah akibat terjadinya *bullwhip effect*.

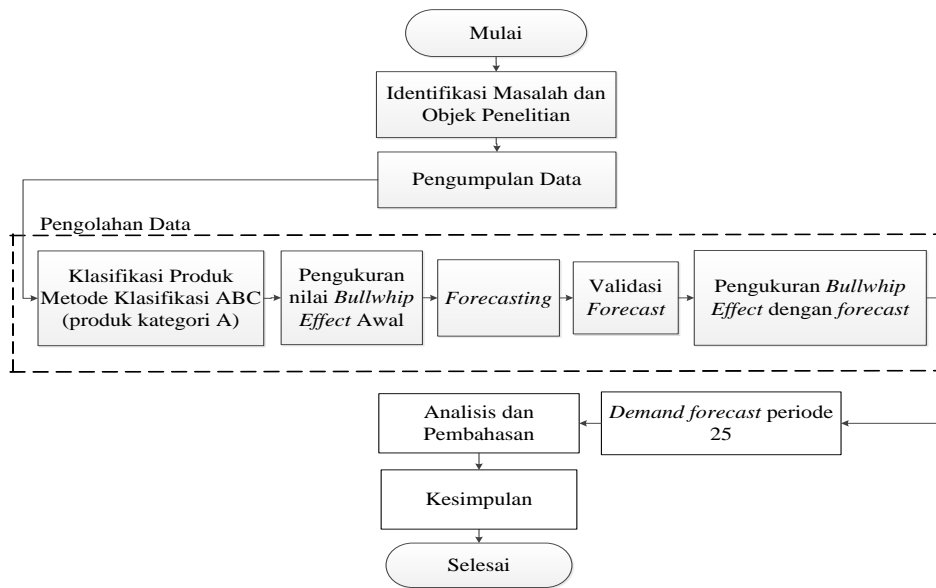
Kegiatan produksi Cokelat nDalem perlu dilakukan perencanaan dan pengendalian sebagai langkah memperkecil *bullwhip effect*. Pentingnya dilakukan peramalan produksi supaya tidak terjadi kelebihan stok maupun terjadi *stockout* dari berbagai varian. *Stockout* mengakibatkan *service level* rendah terhadap kepuasan konsumen, sedangkan kelebihan produksi akan mengakibatkan penumpukan stok tertentu yang akan mengakibatkan pemborosan biaya persediaan serta perusahaan harus menanggung *lost sales*. Semakin banyak pemborosan produksi maka kualitas produk yang akan dijual pun semakin menurun, karena coklat merupakan produk olahan yang ketahanannya relatif rendah/mudah rusak. Perlu dilakukan perencanaan produksi yang tepat supaya produk yang dipasarkan tetap dalam kualitas yang baik sehingga memberikan kepuasan pada konsumen dan perusahaan dapat mencapai tujuan SCM yaitu penurunan biaya (*cost reduction*), penurunan modal (*capital reduction*), dan perbaikan pelayanan (*service improvement*).

Dari uraian tersebut dapat diketahui bahwa CV. nDalem Mulya Mandiri sebaiknya melakukan pengendalian produksi dan meminimasi terjadinya *bullwhip effect* dengan merencanakan kuantitas *stock keeping unit* (SKU). Hal tersebut dapat dilakukan dengan *forecast*. Metode *forecast* yang tepat dan sesuai dengan kondisi perusahaan dapat meminimalkan biaya produksi, sehingga kegiatan produksi lebih efektif dan efisien. Penelitian dilakukan dengan mengidentifikasi berbagai produk dan melakukan pengukuran nilai *bullwhip effect* berdasarkan data historis dari perusahaan, kemudian dilakukan perhitungan *demand forecast* sehingga dapat diberikan solusi-solusi perbaikan yang sesuai dalam pengendalian produksi varian produk yang banyak, serta dapat mengukur dan mereduksi *bullwhip effect*.

## 2. Metodologi

Penelitian yang dilakukan di CV. nDalem Mulya Mandiri menggunakan objek penelitian produk reguler Cokelat nDalem kategori A (produk paling penting dengan persediaan tinggi) berdasarkan pengukuran dengan metode klasifikasi ABC. Kemudian dilakukan pengukuran *bullwhip effect* awal. Setelah diketahui nilainya maka dapat dilakukan *forecast* dalam memperkecil nilai *bullwhip effect* tersebut, kemudian dilakukan validasi *forecast* dan pengukuran *bullwhip effect* dengan nilai *order* baru dari metode terbaik yang digunakan sehingga akan didapatkan nilai *bullwhip effect* yang lebih rendah sebagai langkah verifikasi. Dari langkah tersebut maka dapat dilakukan produksi periode mendatang (periode 25) dengan *forecast* yang sesuai yang dapat meminimumkan gap yang tinggi antara produksi dengan penjualan. Secara lengkap tahapan penelitian ditunjukkan dalam diagram alir berikut:





Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan data dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel.1 sebagai berikut:

Tabel 1. Pengumpulan Data

Periode	Order							Demand						
	AG1	AG2	AL3	AL11	AL13	AG6	AL8	AG1	AG2	AL3	AL11	AL13	AG6	AL8
1	423	356	346	287	298	320	288	248	219	192	162	189	150	156
2	306	331	402	281	300	233	396	184	191	241	127	155	103	196
3	328	307	349	250	798	227	368	221	206	238	165	177	119	172
4	646	460	399	293	936	238	594	358	286	303	89	303	118	389
5	625	365	499	281	948	283	423	425	249	366	126	319	161	204
6	518	449	312	323	825	268	465	319	348	272	210	224	167	251
7	697	374	543	388	920	230	238	374	199	327	158	161	110	160
8	954	715	704	570	960	277	410	642	417	351	266	670	198	239
9	758	538	634	399	408	264	436	498	366	495	148	191	151	244
10	518	504	356	420	417	286	282	253	281	196	192	162	130	110
11	675	395	327	422	534	268	307	426	174	63	177	215	110	79
13	485	399	411	474	323	288	356	348	316	267	297	206	112	189
14	678	389	452	490	437	297	477	420	208	168	244	119	114	230
15	681	507	361	459	343	254	357	433	296	142	209	105	102	120
16	799	315	318	360	252	361	334	534	181	161	145	108	205	144
17	1009	534	555	394	368	453	324	807	369	323	235	188	338	174
19	786	638	432	404	369	312	522	429	384	327	312	242	150	364
20	959	687	551	482	434	366	572	676	416	261	243	212	142	123
21	758	629	392	444	428	287	653	440	297	165	213	118	102	362
22	813	712	544	484	426	313	499	429	284	203	220	159	86	168



Periode	Order							Demand						
	AG1	AG2	AL3	AL11	AL13	AG6	AL8	AG1	AG2	AL3	AL11	AL13	AG6	AL8
23	820	702	442	458	374	354	625	302	253	200	198	105	140	182
24	727	658	327	626	475	214	385	463	425	145	348	226	85	195

Produk Cokelat nDalem diklasifikasikan dalam 3 kategori berdasarkan metode klasifikasi persediaan ABC sebagai berikut:

Tabel 2. Klasifikasi Produk Cokelat nDalem

Urutan	Kode Item	Jumlah Unit	Persentase Jumlah Unit (%)	Kumulatif Persentase Jumlah Unit (%)	Price (Rp)	Volume Biaya (Rp)	Persentase Volume Biaya (%)	Kumulatif Persentase Volume Biaya (%)	Kategori
1	AG1	10282	10.41	10.41	20,000	205,640,000	12.89	12.89	A
2	AG2	6963	7.05	17.45	20,000	139,260,000	8.73	21.62	A
3	AL3	5849	5.92	23.37	14,000	81,886,000	5.13	26.75	A
4	AL11	4954	5.01	28.39	14,000	69,356,000	4.35	31.10	A
5	AL13	4882	4.94	33.33	14,000	68,348,000	4.28	35.38	A
6	AG6	3348	3.39	36.71	20,000	66,960,000	4.20	39.58	A
7	AL8	4740	4.80	41.51	14,000	66,360,000	4.16	43.74	A
8	AL14	4623	4.68	46.19	14,000	64,722,000	4.06	47.80	B
9	AL10	4575	4.63	50.82	14,000	64,050,000	4.01	51.81	B
10	AL5	4518	4.57	55.39	14,000	63,252,000	3.96	55.78	B
11	AL12	4457	4.51	59.90	14,000	62,398,000	3.91	59.69	B
12	AL15	4367	4.42	64.32	14,000	61,138,000	3.83	63.52	B
13	AL7	3854	3.90	68.22	14,000	53,956,000	3.38	66.90	B
14	AL9	3700	3.74	71.97	14,000	51,800,000	3.25	70.15	B
15	AL1	3626	3.67	75.64	14,000	50,764,000	3.18	73.33	B
16	AL2	3529	3.57	79.21	14,000	49,406,000	3.10	76.43	B
17	AG11	2330	2.36	81.57	20,000	46,600,000	2.92	79.35	B
18	AL6	3017	3.05	84.62	14,000	42,238,000	2.65	82.00	B
19	AG8	2094	2.12	86.74	20,000	41,880,000	2.63	84.62	C
20	AG5	2030	2.05	88.79	20,000	40,600,000	2.54	87.17	C
21	AG12	1962	1.99	90.78	20,000	39,240,000	2.46	89.63	C
22	AG4	1961	1.98	92.76	20,000	39,220,000	2.46	92.09	C
23	AL4	2787	2.82	95.59	14,000	39,018,000	2.45	94.53	C
24	AG10	1741	1.76	97.35	20,000	34,820,000	2.18	96.71	C



Urutan	Kode Item	Jumlah Unit	Persentase Jumlah Unit (%)	Kumulatif Persentase Jumlah Unit (%)	Price (Rp)	Volume Biaya (Rp)	Persentase Volume Biaya (%)	Kumulatif Persentase Volume Biaya (%)	Kategori
25	AG9	1408	1.42	98.77	20,000	28,160,000	1.77	98.48	C
26	AG7	1213	1.23	100.00	20,000	24,260,000	1.52	100.00	C

Tabel diatas menunjukkan pembagian kategori berdasarkan volume persediaan secara keseluruhan yang memiliki proporsi yang relatif besar dilihat dari nilai rupiahnya. Sesuai dengan klasifikasi ABC menurut Yamit (2000) seperti berikut:

- a. Item A memiliki nilai tinggi berkisar antara 40-80% dari total nilai persediaan tetapi memiliki volume persediaan antara 7-30%.
- b. Item B memiliki nilai sedang berkisar antara 80-95% dari total nilai persediaan tetapi memiliki volume persediaan antara 30-65%.
- c. Item C memiliki nilai rendah tetapi volume persediaan antara 70-100%.

Persamaan 1 merupakan rumus perhitungan nilai *bullwhip effect* (BE) awal dihitung menggunakan perbandingan antara koefisien variansi produksi (*CV order*) dengan koefisien variansi permintaan (*CV demand*) dimana nilai koefisien variansi merupakan perbandingan antara standar deviasi (*s*) dengan rata-rata (*mu*) yang ditunjukkan pada persamaan 2 dan persamaan 3 berikut:

$$BE = \frac{CV(order)}{CV(demand)} \quad (1)$$

Dimana,

$$CV(order) = \frac{s(order)}{mu(order)} \quad (2)$$

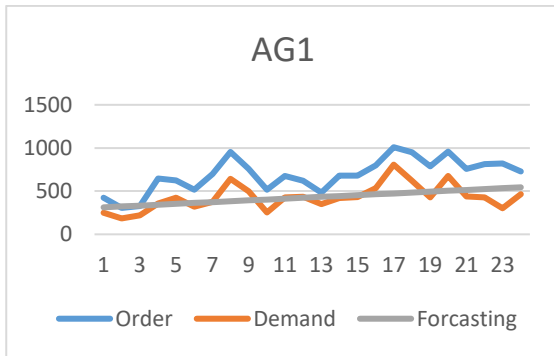
$$CV(demand) = \frac{s(demand)}{mu(demand)} \quad (3)$$

Tabel 3. Hasil pengukuran BE awal

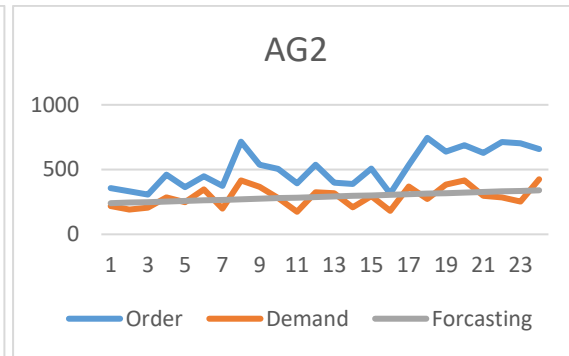
Item	<i>s order</i>	<i>mu order</i>	<i>s demand</i>	<i>mu demand</i>	<i>CV order</i>	<i>CV demand</i>	BE
AG1	190.89	688.96	149.27	428.42	0.28	0.35	0.80
AG2	144.73	510.29	78.61	290.13	0.28	0.27	1.05
AL3	105.14	437.58	92.44	243.71	0.24	0.38	0.63
AL11	94.02	406.38	62.54	206.42	0.23	0.30	0.76
AL13	236.22	513.71	113.98	203.42	0.46	0.56	0.82
AG6	55.19	288.29	52.46	139.50	0.19	0.38	0.51
AL8	113.24	416.63	80.13	197.50	0.27	0.41	0.67

Berikut merupakan hasil penelitian dalam gambar grafik dari metode *forecast, order* (produksi), dan *demand* (permintaan aktual) produk kategori A ditunjukkan pada gambar 1 sampai dengan gambar 7 (produk AG1-AG2-AL3-AL11-AL13-AG6-AL8):





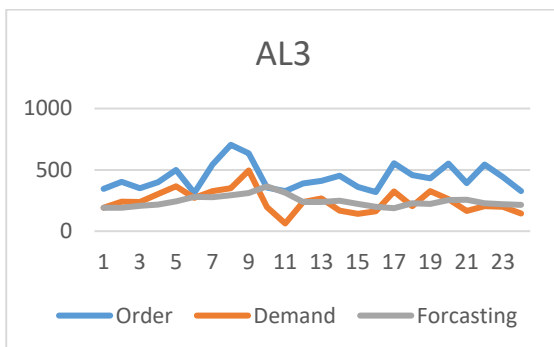
Gambar 1. Perbandingan *order*, *demand*, dan *forecasting* data item AG1



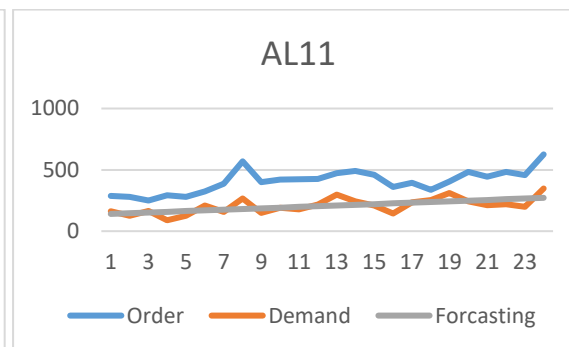
Gambar 2. Perbandingan *order*, *demand*, dan *forecasting* data item AG2

Gambar 1 menunjukkan hasil pengolahan data menunjukkan bahwa pola data pada varian AG1 adalah siklis dengan kecenderungan tren, sehingga metode *forecasting* Cokelat nDalem varian *dark* dilakukan menggunakan 4 metode yaitu *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, dan analisis regresi. Dari metode-metode tersebut yang paling sesuai adalah metode analisis regresi.

Gambar 2 menunjukkan hasil pengolahan data menunjukkan bahwa pola data pada varian AG2 adalah siklis dengan kecenderungan tren, sehingga metode *forecasting* Cokelat nDalem varian *extra dark* dilakukan menggunakan 4 metode yaitu *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, dan analisis regresi. Dari metode-metode tersebut yang paling sesuai adalah metode analisis regresi.



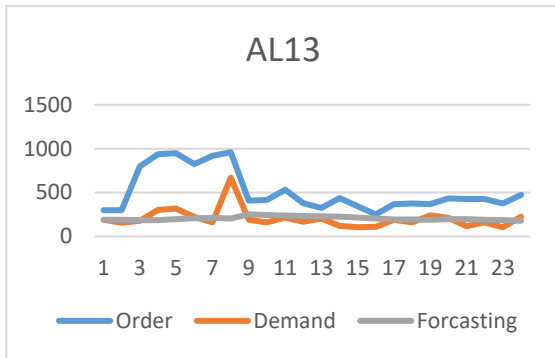
Gambar 3. Perbandingan *order*, *demand*, dan *forecasting* data item AL3



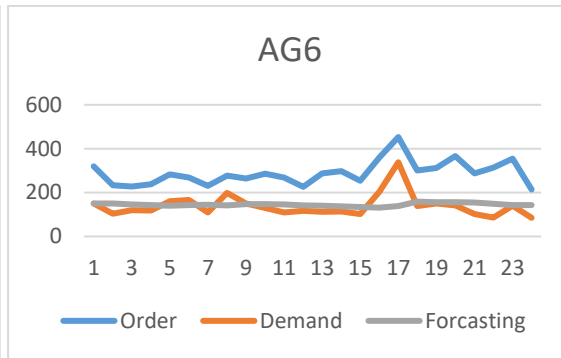
Gambar 4. Perbandingan *order*, *demand*, dan *forecasting* data item AL11

Gambar 3 menunjukkan hasil pengolahan data varian AL3 menunjukkan bahwa pola data pada item tersebut menunjukkan pola data siklis, sehingga metode *forecasting* item *alitan* mint dilakukan menggunakan 3 metode yaitu *moving average*, *weighted moving average*, dan *exponential smoothing*. Dari metode-metode tersebut yang paling sesuai adalah metode *exponential smoothing* ( $\alpha=0.3$ ).

Gambar 4 menunjukkan hasil pengolahan data menunjukkan bahwa pola data pada varian AL11 adalah siklis dengan kecenderungan tren, sehingga metode *forecasting* Cokelat nDalem varian *alitan* kopi bali dilakukan menggunakan 4 metode yaitu *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, dan analisis regresi. Dari metode-metode tersebut yang paling sesuai adalah metode analisis regresi.



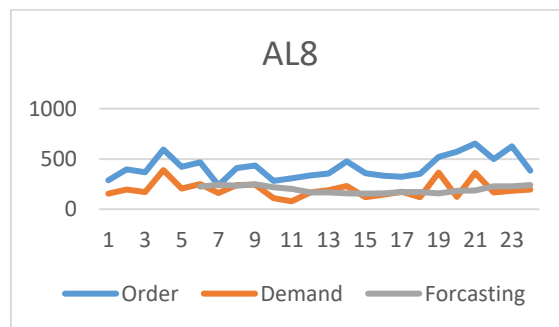
Gambar 5. Perbandingan *order*, *demand*, dan *forecasting* data item AL13



Gambar 6. Perbandingan *order*, *demand*, dan *forecasting* data item AG6

Gambar 5 menunjukkan hasil pengolahan data item AL13 menunjukkan bahwa pola data pada item tersebut menunjukkan pola data siklis, sehingga metode *forecasting* item *alitan* kopi jogja dilakukan menggunakan 3 metode yaitu *moving average*, *weighted moving average*, dan *exponential smoothing*. Dari metode-metode tersebut yang paling sesuai adalah metode *exponential smoothing* ( $\alpha=0.1$ ).

Gambar 6 menunjukkan hasil pengolahan data item AG6 menunjukkan bahwa pola data pada item tersebut menunjukkan pola data siklis, sehingga metode *forecasting* item *alitan* kopi jogja dilakukan menggunakan 3 metode yaitu *moving average*, *weighted moving average*, dan *exponential smoothing*. Dari metode-metode tersebut yang paling sesuai adalah metode *exponential smoothing* ( $\alpha=0.1$ ).



Gambar 7. Perbandingan *order*, *demand*, dan *forecasting* data item AL8

Gambar 7 menunjukkan hasil pengolahan data item AL8 menunjukkan bahwa pola data pada item tersebut menunjukkan pola data siklis, sehingga metode *forecasting* item *alitan* ronde dilakukan menggunakan 3 metode yaitu *moving average*, *weighted moving average*, dan *exponential smoothing*. Dari metode-metode tersebut yang paling sesuai adalah metode *moving average* 5 bulanan (MA 5 bulanan).

Ukuran hasil peramalan merupakan ukuran kesalahan peramalan tentang tingkat perbedaan hasil antara hasil peramalan dengan permintaan yang sebenarnya terjadi. Validasi dari empat jenis metode *forecast* yang digunakan dalam penelitian yaitu *moving average*, *weighted moving average*, *exponential smoothing*, dan analisis regresi. Metode *moving average* yang diujikan adalah *moving average* 3 bulanan (MA 3), *moving average* 4 bulanan (MA 4), *moving average* 5 bulanan (MA 5), *moving average* 6 bulanan (MA 6). Metode *weighted moving average* yang diujikan adalah *weighted moving average* 3 bulanan (WMA 3), *weighted moving average* 4 bulanan (WMA 4), *weighted moving average* 5 bulanan (WMA 5), *weighted moving average* 6 bulanan (WMA 6). Sedangkan metode *exponential smoothing* yang diujikan adalah mulai dari  $\alpha$  (alfa) 0,1 sampai dengan dari 0,9. Validasi *forecast* dilakukan berdasarkan bentuk pola data. Pemilihan metode *forecast* berdasarkan nilai rata-rata kuadrat kesalahan (MSE) terkecil yang dihitung dengan menjumlahkan kuadrat semua kesalahan peramalan pada setiap periode dan

membaginya dengan jumlah periode peramalan persamaan (Nasution, 2008), persamaan MSE dan hasil validasi *forecast* adalah sebagai berikut:

$$MSE = \sum \frac{(D_t - F_t)^2}{n} \quad (4)$$

Keterangan:  $D_t$  = Permintaan aktual pada periode-t

$F_t$  = Peramalan permintaan (*forecast*) pada periode-t

$n$  = Jumlah periode peramalan yang terlibat

Tabel 4. Validasi *forecast*

Metode <i>Forecast</i>	MSE						
	AG1	AG2	AL3	AL11	AL13	AG6	AL8
MA 3 bulanan	21,911.20	8,579.97	11,453.88	4,326.99	16,962.88	3,852.28	9,934.32
MA 4 bulanan	22,029.29	7,609.29	10,471.72	4,129.33	15,795.38	4,134.25	7,302.58
MA 5 bulanan	24,122.04	7,653.75	10,318.87	3,464.55	15,879.42	4,441.41	6,809.70
MA 6 bulanan	27,218.48	7,866.35	11,913.67	3,140.56	17,511.92	4,534.67	7,375.67
WMA 3	22,082.65	8,773.03	11,207.54	4,075.68	18,507.84	3,757.36	10,161.12
WMA 4	21,433.13	8,167.42	10,732.03	3,991.54	17,055.88	3,900.87	7,766.04
WMA 5	21,775.13	8,148.96	10,342.39	3,869.20	16,687.63	4,055.12	7,465.78
WMA 6	23,738.19	7,841.97	11,015.51	3,487.90	17,350.55	4,217.37	7,657.38
ES ( $\alpha = 0.1$ )	24,583.18	6,772.73	9,432.35	3,569.22	13,258.41	2,893.69	7,146.40
ES ( $\alpha = 0.2$ )	20,160.20	6,430.90	9,176.96	3,140.56	13,624.74	3,029.01	7,429.63
ES ( $\alpha = 0.3$ )	19,080.05	6,615.28	9,078.05	3,123.28	14,154.79	3,111.55	7,800.17
ES ( $\alpha = 0.4$ )	18,812.08	6,953.88	9,106.15	3,221.78	14,900.18	3,171.18	8,266.77
ES ( $\alpha = 0.5$ )	18,933.30	7,389.22	9,248.94	3,356.58	15,865.11	3,233.28	8,856.56
ES ( $\alpha = 0.6$ )	19,349.82	7,911.68	9,491.56	3,503.51	17,045.19	3,313.91	9,593.06
ES ( $\alpha = 0.7$ )	20,014.20	8,525.47	9,812.88	3,660.28	18,437.77	3,422.14	10,507.58
ES ( $\alpha = 0.8$ )	20,880.45	9,246.90	10,192.66	3,837.45	20,050.21	3,562.96	11,646.98
ES ( $\alpha = 0.9$ )	21,905.37	10,107.90	10,619.23	4,054.16	21,906.60	3,739.51	13,080.72
Analisis Regresi	16,479.91	5,028.27	-	2,190.90	-	-	-

Setelah dilakukan *forecast* maka dilakukan pengukuran *bullwhip effect* kembali dengan data *order* baru berdasarkan *forecast* yang memiliki nilai MSE terkecil sebagai verifikasi metode yang digunakan telah sesuai. Hasil pengukurannya adalah sebagai berikut:

Tabel 5. Hasil pengukuran *BE* dengan metode *forecast* terbaik

Produk	Metode <i>Forecast</i>	<i>s</i> <i>order</i>	<i>mu</i> <i>order</i>	<i>s</i> <i>demand</i>	<i>mu</i> <i>demand</i>	<i>CV</i> <i>order</i>	<i>CV</i> <i>demand</i>	<i>BE</i>
AG1	Analisis Regresi	71.30	428.42	149.27	428.42	0.17	0.35	0.48
AG2	Analisis Regresi	30.55	290.13	78.61	290.13	0.11	0.27	0.39
AL3	ES $\alpha=0.3$	44.02	243.48	92.44	243.71	0.18	0.38	0.48
AL11	Analisis Regresi	40.32	206.42	62.54	206.42	0.20	0.30	0.64
AL13	ES $\alpha=0.1$	21.06	205.90	113.98	203.42	0.10	0.56	0.18
AG6	ES $\alpha=0.1$	6.94	144.98	52.46	139.50	0.05	0.38	0.13
AL8	MA 5	34.17	196.85	77.35	190.68	0.17	0.41	0.43

Dari metode *forecast* terbaik maka dapat dilakukan peramalan permintaan untuk periode selanjutnya sebagai berikut:

Tabel 6. *Demand forecast* periode 25





AG1	AG2	AL3	AL11	AL13	AG6	AL8
554.46	344.13	193.64	277.69	183.05	136.86	206.00

#### 4. Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat melakukan pengendalian produksi berbagai varian Cokelat nDalem dengan melakukan klasifikasi produk menggunakan metode klasifikasi ABC berdasarkan kumulatif persentase biaya. Dari metode tersebut akan diketahui kategori A (produk paling penting dengan persediaan tinggi) adalah varian AG1, AG2, AL3, AL11, AL13, AG6, AL8. Produk kategori B yaitu varian AL14, AL10, AL5, AL12, AL15, AL7, AL9, AL1, AL2, AG11, AL6. Sedangkan produk kategori C yaitu varian AG8, AG5, AG12, AG4, AL4, AG10, AG9, AG7.
2. Nilai masing-masing *bullwhip effect* awal Cokelat nDalem pada produk kategori A yaitu: 0,80 (AG1); 1,05 (AG2); 0,63 (AL3); 0,76 (AL11); 0,82 (AL13); 0,51 (AG6); 0,67 (AL8).
3. Metode yang lebih baik digunakan dalam meminimasi *bullwhip effect* (BE) Cokelat nDalem pada varian AG1 menggunakan analisis regresi, varian AG2 menggunakan analisis regresi, varian AL3 menggunakan *exponential smoothing* (ES) dengan  $\alpha=0.3$ , varian AL11 menggunakan analisis regresi, AL13 menggunakan *exponential smoothing* (ES) dengan  $\alpha=0.1$ , AG6 menggunakan *exponential smoothing* (ES) dengan  $\alpha=0.1$ , AL8 menggunakan *moving average* dengan MA 5 bulanan. Akan didapatkan nilai BE lebih kecil, sehingga nilai BE setelah dilakukan *forecast* menjadi 0.48 (AG1), 0.39 (AG2), 0.48 (AL3), 0.64 (AL11), 0.18 (AL13), 0.13 (AG6), 0.43 (AL8). Perusahaan dapat melakukan perencanaan produksi selanjutnya dengan menggunakan metode *forecast* tersebut untuk periode 25 yaitu: varian AG1 sebesar 555 bar, AG2 sebesar 345 bar, AL3 sebesar 194 bar, AL11 sebesar 278, AL13 sebesar 184 bar, AG6 sebesar 137 bar, AL8 sebesar 206 bar.

#### Daftar Pustaka

- Heizer, J., Render, B., 2009, *Manajemen Operasi*, Jakarta, Salemba Empat.
- Simchi-Levi, D., et al., 2008, *Designing and Managing The Supply Chain: Concepts, Strategies And Case Studies*, New York, Mcgraw Hill.
- Makridakis, S., et al., 1999, *Metode dan Aplikasi Peramalan Edisi Kedua*, Jakarta, Erlangga.
- Nasution, A., H., Prasetyawan, Y., 2008, *Perencanaan Dan Pengendalian Produksi*, Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Pujawan, I N., ER, Mahendrawathi., 2010, *Supply Chain Management Edisi Kedua*, Surabaya, Guna Widya.
- Siahaya, W., 2013, *Sukses Supply Chain Management Akses Demand Chain Management*. Jakarta, In Media.
- Yamit, Z., 2000, *Manajemen Produksi Dan Operasi*, Yogyakarta, Ekonisia.



## Analisis Rantai Pasok dan Distribusi Ayam Pedaging

**Ratna Purwaningsih<sup>1</sup>, Muhammad Arief<sup>2</sup>, Daru Rahmawati<sup>3</sup>**

<sup>1,3</sup> Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. H. Soedarto, SH. Semarang 50239

Telp. (024) 7460052

<sup>2</sup>Japfa Ciomas Adisatwa Jl.Wonoayu, Sidoarjo, Jawa Timur, Indonesia

E-mail: ratna.tiundip@gmail.com

### Intisari

*Industri perunggasan di Indonesia telah menjadi sebuah industri agribisnis yang memiliki komponen rantai pasok lengkap dari sektor hulu sampai ke hilir. Kurangnya informasi tentang harga di sepanjang rantai perdagangan ayam broiler menimbulkan perbedaan harga jual ayam yang signifikan antara harga di ditingkat peternak dan di retail akhir atau konsumen. Maka diperlukan suatu pemetaan rantai pasok untuk mengetahui aliran produk, aliran keuangan dan aliran informasi yang membentuk harga pasar. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengumpulkan informasi mengenai rantai pasok ayam pedaging beserta pelaku yang terlibat dalam rantai pasok dan peranannya (2) mengetahui alur distribusi ayam dari peternak hingga sampai pada tangan konsumen (3) mengidentifikasi biaya apa saja yang dikeluarkan selama distribusi ayam pedaging sehingga dapat diketahui penyebab selisih harga jual ayam di tingkat peternak dan konsumen. Metode yang digunakan adalah wawancara dan data historis perusahaan perunggasan nasional. Data historis yang digunakan adalah data rata-rata harga ayam di sepanjang rantai pasok pada tahun 2015. Hasil analisis menunjukkan (1) Sistem rantai pasok agribisnis ayam terdiri dari 5 bagian subsistem yang didalamnya terdapat beberapa pelaku mata rantai yang saling berkerjasama, (2) didalam pendistribusian ayam, keuntungan nominal rupiah paling besar diterima oleh lapak atau biasa disebut sebagai pedagang akhir dipasaran dengan nominal Rp1000,- hingga Rp2000,- perkilogram karkas ayam, (3) Jumlah keseluruhan berat ayam yang dijual oleh pedagang tidak sebanyak jumlah ayam yang jual oleh broker ataupun bakul. Dalam satu kali pembelian ayam dari kandang bakul dapat mengumpulkan 3000 hingga 15000 kilogram ayam hidup perhari dengan keuntungan Rp200,- per kilogram ayam hidup.*

*Kata Kunci: Rantai Pasok Ayam, Distribusi, Biaya Distribusi*

### 1. Pendahuluan

Daging ayam merupakan jenis daging yang banyak dikonsumsi oleh masyarakat karena daging ayam mengandung kadar protein tinggi yang dibutuhkan oleh tubuh, mempunyai cita rasa yang baik sehingga dapat diterima semua golongan masyarakat dan semua umur, cukup mudah diolah menjadi produk olahan yang bernilai tinggi serta mudah untuk dikonsumsi (Daryanto, 2009). Hal tersebut membuka peluang lebar bagi sektor industri perunggasan untuk berkembang dan meningkatkan pertumbuhan perekonomian nasional. Industri perunggasan mampu menyerap 2,5 juta tenaga kerja langsung dengan total omzet yang dihasilkan berkisar Rp 120 triliun per tahun. Lapangan kerja di pedesaan dapat berkembang dengan adanya usaha peternakan unggas. Di samping itu, perunggasan juga merupakan faktor penggerak industri lain terkait bidang pertanian, seperti usaha budidaya jagung, dedak padi dan sebagainya (ISPI, 2015).

Industri perunggasan pada produk ayam pedaging adalah industri agribisnis yang memiliki komponen rantai pasok lengkap dari sektor hulu sampai ke hilir. Pada segmen hulu, perusahaan besar telah mengembangkan dan menguasai industri mulai dari bibit, pakan ayam (*poultry*) dan



obat serta vaksin, yang dalam peranannya bertindak sebagai motor penggerak pemasok input (Diwyanto dkk, 2005). Pada segmen hilir, telah berkembang industri agro yang mengolah produk peternakan menjadi produk olahan dan memperdagangkan hasil olahan ternak di pasar domestik maupun pasar internasional. Sedangkan pada teknis produksinya, peternak ayam terlibat dalam bisnis perunggasan sebagai pihak yang menghasilkan atau memproduksi ayam hidup siap jual (*livestock*) dari hasil pemeliharaan bibit ayam.

Rantai pasokan atau *supply chain* merupakan suatu konsep dimana terdapat sistem pengaturan yang berkaitan dengan aliran produk, aliran informasi maupun aliran keuangan. Kegiatan dalam rantai pasok ayam pedaging terdiri dari proses pemeliharaan produk ayam oleh peternak, yang awalnya berupa bibit ayam berumur satu hari atau disebut sebagai *Day Old Chick* (DOC), kemudian diolah menjadi daging ayam yang siap untuk dipasarkan dari peternak hingga ke konsumen, sehingga dapat dikatakan alat produksi industri perunggasan adalah peternakan (Rasyaf, 1999). Pada Industri perunggasan harus diperhatikan proses rantai pasoknya, sehingga tidak hanya terfokus pada kegiatan produksi saja. Karena pada dasarnya, aktivitas lain dalam rantai pasok ayam juga dapat menciptakan nilai tambah yang menguntungkan bagi masing-masing pihak dalam mata rantai produksi dan distribusi produk dari peternak hingga ke konsumen akhir (Aji, Emhar, & Agustina, 2014). Nilai keuntungan tersebut diperoleh dari nilai tambah yang diberikan pada produk ayam seiring dengan perpindahan produk dari mata rantai yang satu hingga mata rantai yang terakhir.

Namun kenyataannya, pada periode tertentu terdapat perbedaan harga jual ayam yang signifikan antara harga ditingkat peternak dan konsumen. Hal tersebut menimbulkan anggapan bahwa pedagang dan distributor terlalu banyak mengambil untung dalam bisnis perunggasan, sementara peternak terus menerus menerima kerugian akibat harga jual ayam hidup yang selalu berfluktuasi. Disisi lain, pedagang dan distributor tidak mau disalahkan sepenuhnya, dengan alasan kerugian yang diterima pedagang akibat dari penyusutan daging ayam yang dialami selama proses distribusi ayam berlangsung, serta persaingan antar pedagang dalam jual beli ayam dipasaran. Oleh sebab itu, diperlukan adanya pemetaan dan pendekatan pada sistem rantai pasok untuk mengetahui aliran produk, aliran keuangan dan aliran informasi, karena hal tersebut akan berpengaruh pada terbentuknya harga pasar. Pengambilan keputusan yang tepat dapat memberikan keuntungan bagi mata rantai yang terlibat dan proses pemenuhan permintaan konsumen pada daging ayam dapat dilaksanakan dengan baik. Penelitian mengenai pemetaan rantai pasok ini bertujuan untuk (1) mengumpulkan informasi mengenai rantai pasok ayam pedaging beserta pelaku yang terlibat dalam rantai pasok dan peranannya (2) mengetahui alur distribusi ayam hidup yang dihasilkan oleh peternak hingga sampai pada tangan konsumen, (3) mengidentifikasi biaya apa saja yang dikeluarkan selama distribusi ayam pedaging sehingga dapat diketahui besarnya pertambahan nilai dari peternak hingga konsumen akhir.

## 2. Metodologi

Lokasi penelitian dilakukan di dua kabupaten yang berada di Provinsi Jawa Timur antara lain yaitu Kabupaten Mojokerto dan Kabupaten Gresik. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan data primer yang diperoleh dari beberapa peternak, distributor atau pedagang perantara dan pedagang akhir dipasar untuk memperoleh informasi mengenai (1) rantai pasok ayam pedaging beserta pelaku yang terlibat dalam rantai pasok dan peranannya, (2) kegiatan alur distribusi pemasaran ayam pedaging yang dimulai penjualan ayam hidup hingga penjualan daging ayam dipasaran, serta (3) biaya yang dikeluarkan selama distribusi ayam dilakukan. Pengumpulan data dilakukan dengan cara observasi langsung, wawancara, dan data historis perusahaan perunggasan nasional, serta studi pustaka dari referensi seperti buku, majalah, website tentang perunggasan nasional. Informasi yang dikumpulkan tersebut kemudian akan dianalisis secara diskriptif untuk membangun peta rantai pasok dan rantai nilai yang terjadi di pasar perdagangan ayam pedaging.

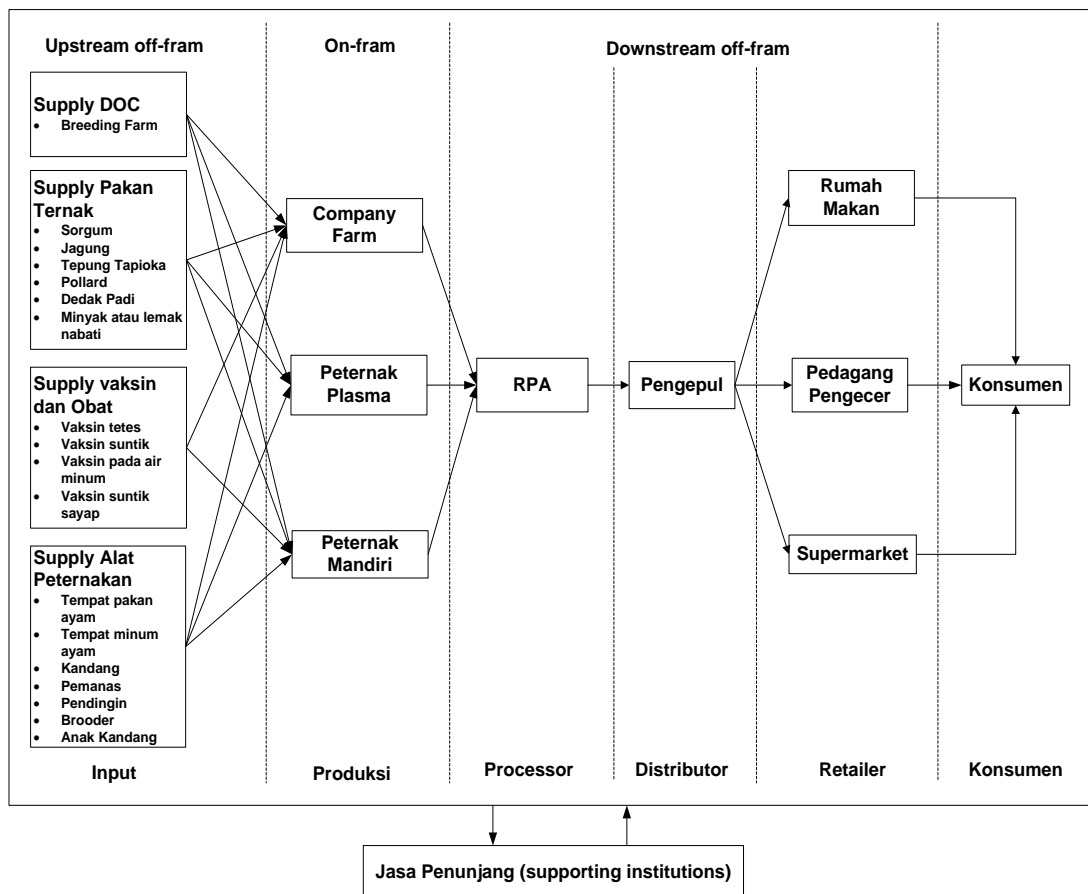


### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Rantai Pasok Ayam pada Sistem Agribisnis Perunggasan

Sistem agribisnis perunggasan merupakan suatu rangkaian kegiatan yang menyatukan sumber daya alam, sumber daya manusia, sumber daya keuangan serta sumber daya teknologi untuk mengolah unggas melalui suatu proses biologi dan industri untuk menjadi suatu produk yang dapat memenuhi kebutuhan dan keinginan manusia (Purwaningsih,2001). Menurut Saragih (2000) dan Tanjung (2013), sistem agribisnis peternakan dapat dipetakan menjadi beberapa subsistem yang disertai dengan beberapa kelompok mata rantai pasok didalamnya. Model hubungan antar sub system ini dijelaskan dengan gambar 1. Subsistem tersebut antara lain adalah :

- subsistem agribisnis hulu (*Upstream off-farm*),
- subsistem budidaya (*On-farm*),
- subsistem pengolahan (*downstream off-farm*),
- subsistem pemasaran (*downstream off-farm*)
- dan subsistem jasa penunjang (*supporting institution*).



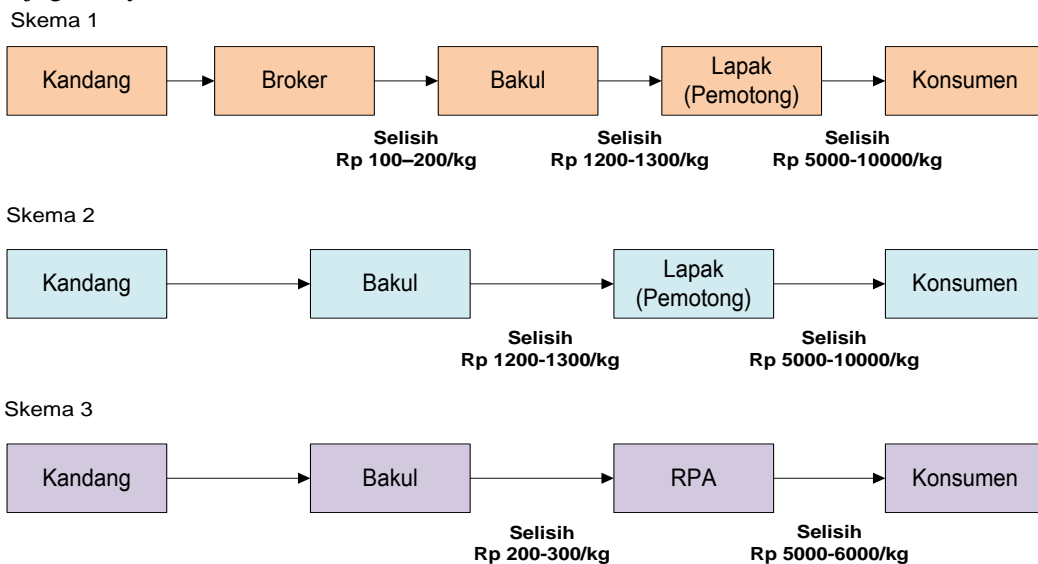
Gambar 1. Sistem Agribisnis Ayam Pedaging

Gambar 1 menunjukkan bahwa masing-masing subsistem terdiri dari beberapa kelompok mata rantai pasok yang saling berhubungan dan memiliki peran didalam sistem agribisnis perunggasan. Subsistem agribisnis hulu merupakan kelompok yang menangani penyediaan dan pengadaan sarana produksi serta menyediakan semua kebutuhan peternakan unggas seperti bibit ayam, pakan, obat dan vaksin, serta alat-alat peternakan. Subsistem budidaya merupakan kelompok peternak yang memiliki peran untuk memproduksi hewan ternak ayam hidup siap jual.

Sedangkan subsistem pengolahan dan subsistem pemasaran merupakan kelompok yang berperan dalam pengolahan daging ayam serta memasarkannya pada berbagai pasar seperti rumah makan, pedagang pengecer, supermarket dan lain-lain. Selain berperan dalam pemasaran daging ayam pada bagian subsistem ini memiliki peran penting dalam membentuk harga ayam pada tingkat konsumen. Subsistem Jasa Penunjang merupakan kelompok lembaga jasa penunjang agribisnis ayam yang terdiri atas beberapa fungsi seperti fungsi pengaturan (Instansi Dinas terkait), fungsi penelitian (Litbang Pertanian dan Perguruan Tinggi), fungsi penyuluhan (Penyuluh Dinas/Penyuluh Swasta), fungsi informasi (Media cetak/Elektronik dan Komunikasi personal), fungsi pengadaan modal usaha (kredit lembaga keuangan/mitra), fungsi pasar, dan lain-lain.

### 3.2 Alur Distribusi Pemasaran Ayam Pedaging

Alur distribusi merupakan aliran perpindahan produk yang dipasarkan dari produsen ke konsumen, dimana jumlah dan macam perantara distribusinya berbeda-beda (Wibowo, Juarini, & Sumanto, 2006). Pedagang perantara dalam pemasaran ayam antara lain adalah *Bakul*, *Broker* dan *Lapak*. *Bakul* merupakan pedagang perantara yang menggunakan modal transportasi sendiri untuk mengambil ayam hidup dari peternak (dari kandang atau *farm*) atau dari broker dalam jumlah yang besar. Sedangkan broker merupakan bakul besar dengan omset tertentu yang mendistribusikan penjualannya pada bakul lain dengan via DO (*Delivery Order*), atau dengan kata lain broker tersebut tidak menjual ayamnya dengan transportasi sendiri. Broker akan menyediakan modal besar untuk membeli ayam pada peternak, yang kemudian modal tersebut akan kembali setelah bakul melakukan pembayaran order pada broker, dari hasil penjualan ayamnya pada lapak. Lapak sendiri adalah pedagang akhir dipasar yang menjualkan ayam pedaging dalam bentuk karkas pada konsumen. Karkas merupakan bagian dari tubuh unggas tanpa darah, bulu, kepala, kaki dan organ dalam, sehingga hanya tersisa bagian daging beserta dengan tulangnya. Skema distribusi pemasaran ayam pedaging berdasarkan observasi yang dilakukan diberikan pada gambar 2. Skema ini tidak hanya berlaku pada daerah lokasi penelitian, namun juga banyak dilakukan di Pulau Jawa.



Gambar 2. Skema Pemasaran Daging Ayam

Gambar 2 menjelaskan bahwa pada skema 1 ayam hidup dari peternak harus melewati tiga pedagang perantara sebelum sampai pada konsumen yaitu broker, bakul dan lapak. Peternak akan menjualkan ayam hidup pada broker yang kemudian broker tersebut akan mendistribusikan ayam hidup pada bakul. Bakul akan menjualkan kembali ayam hidupnya pada lapak. Sebelum ayam dijual, lapak atau pedagang akhir dipasar akan melakukan pemotongan ayam dan pembersihan

ayam dari darah, bulu, kepala, kaki dan organ dalam ayam hingga menjadi karkas yang kemudian dijual pada konsumen akhir. Konsemen dalam skema 1 ini merupakan konsumen rumah tangga dengan jumlah pembelian karkas yang tidak terlalu banyak yaitu pada kisaran pembelian tidak lebih dari 10 kilogram daging per harinya.

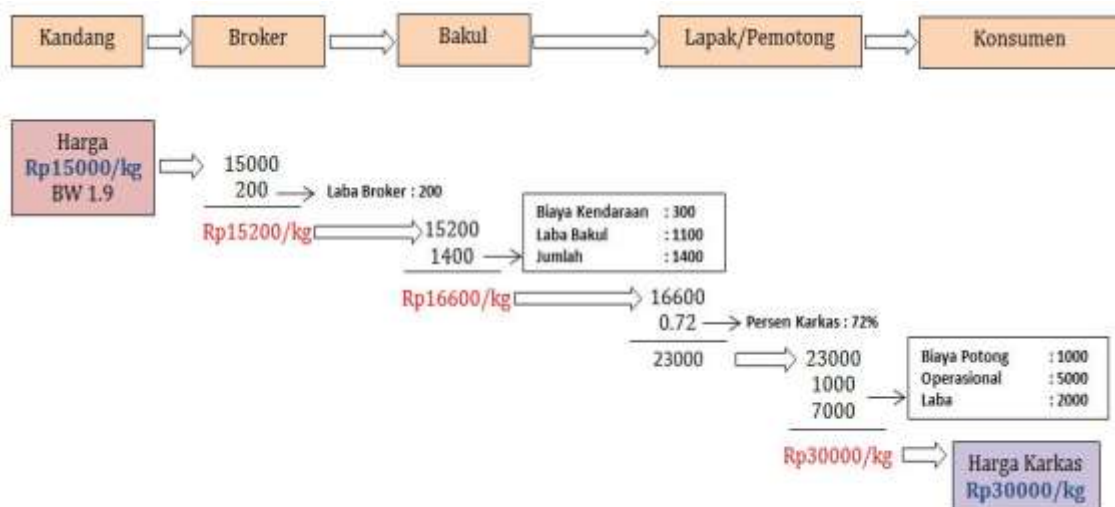
Pada skema 2 ayam hidup dari peternak harus melewati dua pedagang perantara sebelum sampai pada konsumen yaitu bakul dan lapak. Alur pendistribusian ayam pada skema kedua, tidak jauh berbeda dengan skema pertama. Namun dalam skema kedua, bakul akan melakukan pembelian langsung ayam hidup pada peternak tanpa melalui broker, dengan menggunakan modal dan transportasi sendiri. Bakul akan menjual ayam hidup pada lapak atau pedagang akhir dipasar, yang kemudian lapak akan menjual karkas daging ayam pada konsumen.

Pada skema 3 ayam hidup akan melewati dua perantara yaitu broker dan RPA (Rumah Potong Ayam) sebelum sampai pada konsumen. Kebanyakan konsumen pada skema ketiga adalah berasal dari rumah makan besar, supermarket, hotel dan lain-lain. Konsumen tersebut akan yang melakukan pembelian karkas ayam dalam jumlah besar pada RPA, sehingga konsumen perlu menyediakan transportasi yang dilengkapi dengan fasilitas penyimpanan daging beku atau daging dingin, agar daging tidak segera membusuk pada saat pengiriman. Selain untuk menampung jumlah daging yang banyak, transportasi dengan alat pendingin juga dibutuhkan untuk lokasi pengiriman daging yang cukup jauh akibat dari jumlah RPA tersedia yang tidak terlalu banyak, sehingga membutuhkan waktu yang lama bila konsumen berlokasi jauh dari RPA.

Selain ketiga skema tersebut, terdapat pula jalur perdagangan ayam potong dari *company farm* milik perusahaan ke industri pengolahan daging ayam seperti industri yang memproduksi sosis, nugget, bakso ayam dan aneka produk olahan lainnya. Perdagangan ini biasanya terjadi antar industri dalam satu grup perusahaan dan pembelian terjadi dalam jumlah yang besar.

### 3.3 Biaya Operasional Distribusi Ayam

Biaya operasional merupakan keseluruhan biaya pokok selain harga pokok penjualan, yang dikeluarkan selama kegiatan operasional berlangsung, yaitu berupa biaya penjualan dan biaya administrasi dengan tujuan untuk memperoleh pendapatan (Nafarin, 2000). Gambar 2 juga memuat perbedaan harga yang terjadi di sepanjang rantai pasok. Biaya operasional dalam distribusi ayam menjadi salah satu faktor pembentuk harga ayam pada tingkat konsumen. Untuk mengetahui bagaimana pembentukan harga daging ayam pada tingkat konsumen. Gambar 3 memberi gambaran perhitungan biaya operasional distribusi daging ayam yang dimulai dari penjualan ayam hidup dari peternak hingga penjualan karkas daging ayam pada konsumen akhir.



Gambar 3. Gambaran Biaya Operasional Distribusi Ayam Pedaging

Penjualan ayam dari kandang pada bakul dan peternak disesuaikan pada harga pasar penjualan ayam pedaging hidup. Peternak memiliki resiko kerugian apabila harga pokok produksi yang dikeluarkan peternak lebih besar daripada harga pasar ayam hidup. Harga pasaran ayam hidup pada tingkat peternak dapat ditentukan dari seberapa besar persediaan ayam (*supply*) yang dimiliki dan seberapa besar permintaan pasar (*demand*). Apabila *supply* melimpah, namun *demand* tetap, maka harga jual ayam akan cenderung turun. Sedangkan apabila *supply* menipis, *demand* tetap, maka harga jual ayam cenderung naik. Peran pihak pemerintah sebagai subsistem jasa penunjang sangat diperlukan dalam pengaturan keseimbangan jumlah *supply* dan *demand* daging ayam sehingga fluktuasi harga ayam hidup dapat dihindari dan resiko rugi pada peternak dapat berkurang.

Perhitungan biaya operasional pada skema Gambar 2 juga menunjukkan bahwa keuntungan paling banyak didapatkan pada dua mata rantai terakhir. Berdasarkan hasil survey dan wawancara dengan broker, broker hanya mengambil keuntungan antara Rp 200,- hingga Rp500,- per kilogram ayam. Keuntungan nominal paling tinggi ada pada lapak/pemotong dengan perolehan keuntungan Rp1000,- hingga Rp2000,- per kilogram daging ayam. Hal tersebut disebabkan oleh faktor jenis produk yang dijual yaitu berupa ayam yang sudah diproses menjadi bentuk karkas, susut berat pada ayam, biaya dan fleksibilitas pedagang dalam menentukan harga dipasaran. Namun disisi lain, jumlah keseluruhan berat ayam yang dijual oleh pedagang tidak sebanyak jumlah ayam yang jual oleh broker ataupun bakul. Dalam satu kali pembelian ayam dari kandang bakul dapat mengumpulkan 3.000 hingga 15.000 kg ayam hidup perhari, yang kemudian akan didistribusikan dengan distributor lain atau dijual langsung pada pedagang. Sedangkan lapak/pedagang eceran hanya menjual ayam antara 50 kg hingga 300 kg ayam per hari. Kegiatan pendistribusian karkas daging ayam segar pada konsumen dilakukan dalam jangka waktu yang tidak terlalu lama yaitu dengan kisaran 1 hari perjalanan. Hal tersebut dilakukan agar kejadian susut ayam tidak terlalu banyak dan daging ayam akan tetap segar ketika sudah sampai ke konsumen.

### **3.4 Peran Pemerintah dalam Rantai Pasok Ayam Pedaging**

Pemerintah sebagai subsistem jasa penunjang dalam rantai pasok ayam pedaging memiliki peran penting dalam pengaturan bisnis perunggsan. Salah satu peran pemerintah dalam industri perunggsan antara lain adalah menciptakan kestabilan harga jual ayam. Kestabilan harga dapat terwujud apabila terdapat interaksi antara pembeli dan penjual disertai dengan adanya penggabungan kesepakatan permintaan oleh pembeli dan penawaran oleh penjual (Sukirno, 2004). Dalam menjaga kestabilan harga tersebut, pemerintah dapat melakukan berbagai macam usaha antara lain adalah dengan mengeluarkan kebijakan pengawasan peredaran ayam. Namun sayangnya hingga saat ini, menurut Direktur Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan Kementerian Pertanian Muladno, pemerintah belum memiliki regulasi mengenai ayam pedaging, walaupun ada sifatnya sangat teknis dan tidak strategis (Neraca, 2016).

Salah satu contoh imbas dari belum ditetapkannya regulasi mengenai ayam pedaging adalah terjadinya *oversupply* atau kelebihan pasokan/ketersediaan indukan ayam akibat dari keputusan pemerintah untuk melakukan impor indukan ayam (*grand parent stock*). Kelebihan jumlah indukan ini dapat menghasilkan jumlah populasi ayam pedaging atau *oversupply* dibanding yang mampu diserap pasar. Hal tersebut menyebabkan turunnya harga jual ayam hidup di peternak hingga di bawah harga pokok penjualan (HPP) pada tahun 2014, sehingga peternak mengalami banyak kerugian (Trobos, 2016). Oleh sebab itu, peran pemerintah sangatlah dibutuhkan dalam mengeluarkan kebijakan pengaturan pada bisnis perunggsan. Contoh regulasi atau kebijakan yang dapat dikeluarkan pemerintah dalam mengatur ketersediaan ayam dan kestabilan harga ayam antara lain adalah melakukan afkir atau pemusnahan indukan ayam dengan jumlah yang sesuai dengan keadaan pasar, mengeluarkan peraturan mengenai kebijakan impor indukan ayam.



Saat ini pemerintah sedang mematangkan regulasi untuk menstabilkan harga ayam dengan kebijakan harga minimum atau kebijakan harga terendah jual ayam. Kebijakan ini dimaksudkan agar peternak tidak mengalami kerugian. Namun yang harus dicermati lebih jauh adalah sifat dari produk ayam pedaging sebagai *live stock*. Jika peternak dilarang menjual pada harga rendah, sedangkan harga jual dibentuk oleh mekanisme pasar, peternak harus meneruskan memelihara ayam dan membutuhkan biaya lebih banyak untuk pakan. Maka, kerugian ditingkat peternak akan semakin besar. Sifat *live stock* ini berbeda dengan komoditi lain seperti gula, beras, kopi dan komoditi lain yang dapat disimpan. Jika ayam pedaging harus disimpan sebagai *stock frozen meat*, maka teknologi *cold storage* tidak dimiliki di tingkat peternak. Kebijakan harga terendah tidak dapat melindungi peternakan rakyat. Perlu upaya upaya pengaturan yang lebih kongkrit seperti kajian tentang rantai distribusi ayam pedaging karena proses pertambahan nilai yang cukup tinggi, terjadi di aktivitas distribusi dan perdagangan. Panjangnya rantai distribusi turut membentuk harga ayam pedaging.

Estimasi jumlah populasi dan distribusi perdagangan ayam pedaging yang dinamis karena masa pemeliharaan yang pendek (30-40 hari) membutuhkan pemantauan yang responsive. Pengawasan tidak akan efektif dilakukan jika pemerintah tidak mempunyai *livestock management system* yang terintegrasi dengan perusahaan perunggasan dan peternakan rakyat. *Livestock management system* ini membutuhkan dukungan beberapa faktor diantaranya (1) kesepahaman akan kepentingan bersama menjaga harga dari pelaku bisnis perunggasan ayam broiler dari hulu sampai hilir, (2) sistem pendataan yang akurat dari perusahaan *breeding farm*, budidaya dan pendataan distribusi ayam, (3) dukungan teknologi informasi yang dapat digunakan bersama oleh pihak pihak yang berkepentingan, termasuk konsumen dan (4) transparansi harga sebagai hasil dari *sharing* informasi.

Sebagai contoh, beberapa negara maju di dunia seperti Australia, Uni Eropa, Kanada dan Amerika Serikat telah menggunakan *Livestock Identification and Traceability System* (LITS) sebagai *Livestock Management System* dalam melakukan pengawasan pada jumlah persediaan ternak ditingkat nasional. LITS merupakan suatu sistem pengelolaan *livestock* yang memiliki komponen dasar yaitu sistem identifikasi hewan dan sistem melacak keberadaan atau perpindahan hewan sepanjang rantai pasok hingga ke tujuan akhir. Semua pelaku rantai pasok, dari pemerintah hingga pelaku industri peternakan, harus saling bekerja sama dalam menerapkan dan menjalankan sistem. Sistem LITS dikelola langsung oleh pemerintah dan dijalankan oleh seluruh *stakeholder* atau pelaku dalam rantai industri peternakan. Pemerintah memiliki wewenang memastikan bahwa semua *stakeholder* dapat mematuhi, mendukung pelaksanaan sistem dan membantu untuk menjalankan sistem (Sebsibe & Kwai, 2016).

Tentunya tidak mudah menciptakan terwujudnya manajemen harga yang transparan sepanjang pasar yang ada bukan “pasar sempurna” dan masih berupa pasar “oligopoli”. Namun, fluktuasi harga yang terjadi sebenarnya adalah masalah bersama yang merugikan semua pihak. *Breeding farm, poultry manufacture, poultry shop*, dan peternak serta perusahaan kemitraan, dan para pedagang ayam tidak ada yang diuntungkan dengan terjadinya fluktuasi harga yang tinggi. Ketidakpastian harga mengganggu proses perencanaan bisnis. Pemerintah, sangat diharapkan untuk memberikan solusi yang tepat mengingat kepentingan ketahanan pangan nasional adalah tanggung jawab negara.

#### 4. Kesimpulan dan Saran

Sistem rantai pasok agribisnis ayam terdiri dari 5 subsistem yang didalamnya terdapat beberapa pelaku mata rantai yang saling berkerja sama. Subsistem tersebut antara lain adalah subsistem agribisnis hulu (*Upstream off-farm*), subsistem budidaya (*On-farm*), subsistem pengolahan (*downstream off-farm*), subsistem pemasaran (*downstream off-farm*) dan subsistem jasa penunjang (*supporting institution*). Terdapat beberapa pelaku bisnis yang berperan dalam alur distribusi ayam pedaging yang dimulai dari peternak hingga ke konsumen yaitu broker, bakul dan lapak atau biasa disebut sebagai pedagang akhir. Keuntungan nominal paling tinggi terletak





pada pada lapak atau pedagang akhir. Dan nominal jumlah penjualan daging ayam paling tinggi terletak pada broker.

Diperlukan adanya pengawasan dari berbagai pihak yang ada dalam rantai pasok industri agribisnis ayam pedaging agar produk dapat sampai pada tangan konsumen dengan kualitas daging ayam yang baik dan harga yang sesuai. Peran pemerintah sebagai subsistem jasa penunjang sangat diperlukan dalam menjaga kestabilan harga jual ayam dan pengawasan kegiatan pendistribusi daging ayam, sehingga pada akhirnya peternak sebagai produsen dan konsumen yang membeli daging ayam tidak akan merasa dirugikan. Untuk mempermudah pemerintah dalam menjaga kestabilan harga ayam dan persediaan ayam, pemerintah disarankan untuk membangun sistem informasi manajemen peternakan (*Livestock Management System*) yang saling terintegrasi dengan semua pelaku bisnis perunggasan ayam, sehingga berbagai data informasi persediaan ayam dipasaran dapat diperoleh dengan akurat.

#### Daftar Pustaka

- Aji, J. M., Emhar, A., & Agustina, T. (2014). Analisis Rantai Pasokan (Supply Chain) Daging Sapi di Kabupaten Jember. *Berkala Ilmiah Pertanian, Vol 1, No. 3*, 53-61.
- Daryanto, A. (2009). *Daya Saing Industri Peternakan*. Bogor: IPB Press.
- Diwyanto, K., Priyanti, A., Setioko, A. R., Yusdja, Y., & Saptati, R. A. (2005). *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis Unggas*. Jakarta: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- ISPI. (2015). *Kegiatan ISPI: PB ISPI*. Diakses 16 Maret 2016, dari PB ISPI: <http://www.pb-ispi.org>
- Nafarin, M. (2000). *Penganggaran Perusahaan, Edisi Pertama*. Jakarta: Salemba Empat.
- Neraca. (2016). *Industri: Neraca*. Diakses 13 September 2016, dari Neraca Website: <http://www.neraca.co.id>
- Purwaningsih, R. (2001). *Tesis: Identifikasi Kesesuaian Karakteristik Peternakan Ayam Pedaging Sebagai Plasma Kemitraan Pola Inti - Plasma PT.Pitama Karya Persada Kudus*. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rasyaf, M. (1999). *Manajemen Peternakan Ayam Broiler*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Saragih. (2000). *Agribisnis berbasis peternakan : kumpulan pemikiran*. Bogor: Unit Studi dan Evaluasi Sosial Ekonomi (USESE) Foundation.
- Sebsibe, A., & Kwai, A. (2016). *Regional Guidelines on Livestock Identification and Traceability (LITS) in the IGAD Region*. Nairobi: Intergovernmental Authority on Development Centre for Pastoral Areas and Livestock Development.
- Sukirno, Sadono. (2004). *Teori Pengantar Mikroekonomi Edisi Ketiga*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.
- Tanjung, M. H. (2013). Strategi Bersaing pada Rantai Nilai Ayam Ras Pedaging. *Jurnal Manajemen & Agribisnis, Vol. 10 No. 1*, 40-49.
- Trobos. (1 Februari 2016). Maju Mundur Broiler 2016. *Maju Mundur Broiler 2016*, pp. 20-26.
- Wibowo, B., Juarini, E., & Sumanto. (2006). Analisa Pemasaran Telur Itik didaerah Sentra Produksi Di Kecamatan Ponggok Kabupaten Blitar: Study Kasus Tatalaksana Pemasaran Pada Ud Majujaya. *Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner 2006* (pp. 818-825). Bogor: Balai Penelitian Ternak.



## PERANCANGAN STRATEGI PEMASARAN PADA RUMAH SAKIT NASIONAL DIPONEGORO SEMARANG

**Nia Budi Puspitasari, Salsabila Amnes Ketty Thoatillah**  
Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof Soedarto, SH Tembalang Semarang 50239  
Telp (024) 7460052  
Email: niabudipuspitasari@gmail.com

### Intisari

*Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND) dibangun berdasarkan UU Nomor 20 Tahun 2013 tentang Pendidikan Kedokteran yang menyebutkan bahwa setiap universitas yang memiliki fakultas kedokteran harus dilengkapi dengan rumah sakit pendidikan untuk memfasilitasi praktek kedokteran para mahasiswa. Aktif beroperasi sejak 15 September 2014, RSND menemui beberapa masalah terkait jumlah pasien yang datang. Oleh karena itu akan dilakukan proses perencanaan strategi pemasaran menggunakan matriks SWOT dan metode QSPM. Untuk penentuan factor kekuatan dan kelemahan disebarkan kuesioner kepada jajaran direksi RSND terkait pernyataan tentang 7P. Selain itu dilakukan pula brainstorming dalam penentuan factor kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang dimiliki oleh RSND. Setelah itu dilakukan proses pencarian skor dari factor internal dan eksternal dimana didapatkan nilai 2,255 untuk factor internal dan 1,91 untuk factor eksternal. Langkah selanjutnya adalah proses perancangan strategi menggunakan matriks SWOT yang menghasilkan 10 rancangan strategi pemasaran. Dari 10 strategi pemasaran yang ada, hanya 8 strategi pemasaran yang akan dilanjutkan pada proses pengolahan data selanjutnya yaitu menggunakan QSPM. Berdasarkan hasil pengolahan data strategi pertama yang terpilih adalah membuat website khusus yang berisi informasi jadwal praktik dokter RSND.*

*Kata Kunci: strategi pemasaran, SWOT, QSPM, RSND*

### 1. Pendahuluan

Rumah sakit merupakan unit pelayanan kesehatan terdepan yang langsung berhadapan dengan masyarakat yang menggunakannya, sehingga diharapkan dapat melakukan pelayanan yang dapat terjangkau oleh masyarakat dengan pelayanan yang baik serta mutu yang terjamin. Seperti yang disebutkan dalam peraturan Menteri Kesehatan RI No.159b/MENKES/PER/II/1988 pasal 1 bahwa rumah sakit didefinisikan sebagai sarana upaya kesehatan yang menyelenggarakan kegiatan pelayanan kesehatan serta dapat dimanfaatkan untuk pendidikan tenaga kesehatan dan penelitian. Saat ini perguruan tinggi negeri dituntut untuk mewujudkan sebuah pelayanan kesehatan dalam lingkungan kampus. Hal inilah yang membuat berdirinya rumah sakit - rumah sakit swasta milik universitas yang dikelola secara mandiri tanpa bantuan pemerintah.

Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro merupakan salah satu dari sekian banyak fakultas di Universitas Diponegoro yang difavoritkan yang telah berdiri sejak Oktober 1961. Dalam rangka memenuhi syarat yang ditetapkan UU Nomor 20 Tahun 2013 tentang Pendidikan Kedokteran maka didirikan Rumah Sakit Nasional Diponegoro. Setiap universitas yang memiliki fakultas kedokteran harus dilengkapi dengan rumah sakit pendidikan untuk memfasilitasi praktek kedokteran para mahasiswa.

Rumah Sakit Nasional Diponegoro (RSND) diresmikan pada 15 September 2014 dan mulai aktif beroperasi. Akan tetapi apabila dilihat dari luar, Rumah Sakit ini seolah-olah belum beroperasi secara penuh. Padahal fasilitas yang disediakan oleh RS Nasional Diponegoro ini



sudah sangat memadai. Untuk fasilitas rawat jalan sudah aktif beroperasi sejak RSND diresmikan, akan tetapi untuk fasilitas rawat inap baru mulai beroperasi sejak April 2014 dengan kapasitas 100 orang tiap malamnya. Sedangkan untuk fasilitas rawat jalan terbagi menjadi pasien poli dan pasien UGD. Berdasarkan survey pendahuluan, diketahui bahwa RSND telah memiliki peralatan teknologi kesehatan yang canggih di Semarang dan telah memiliki sumber daya yang cukup untuk melayani pasien, akan tetapi tingkat kedatangan kurang dari 20% dari kapasitas yang disediakan RSND.

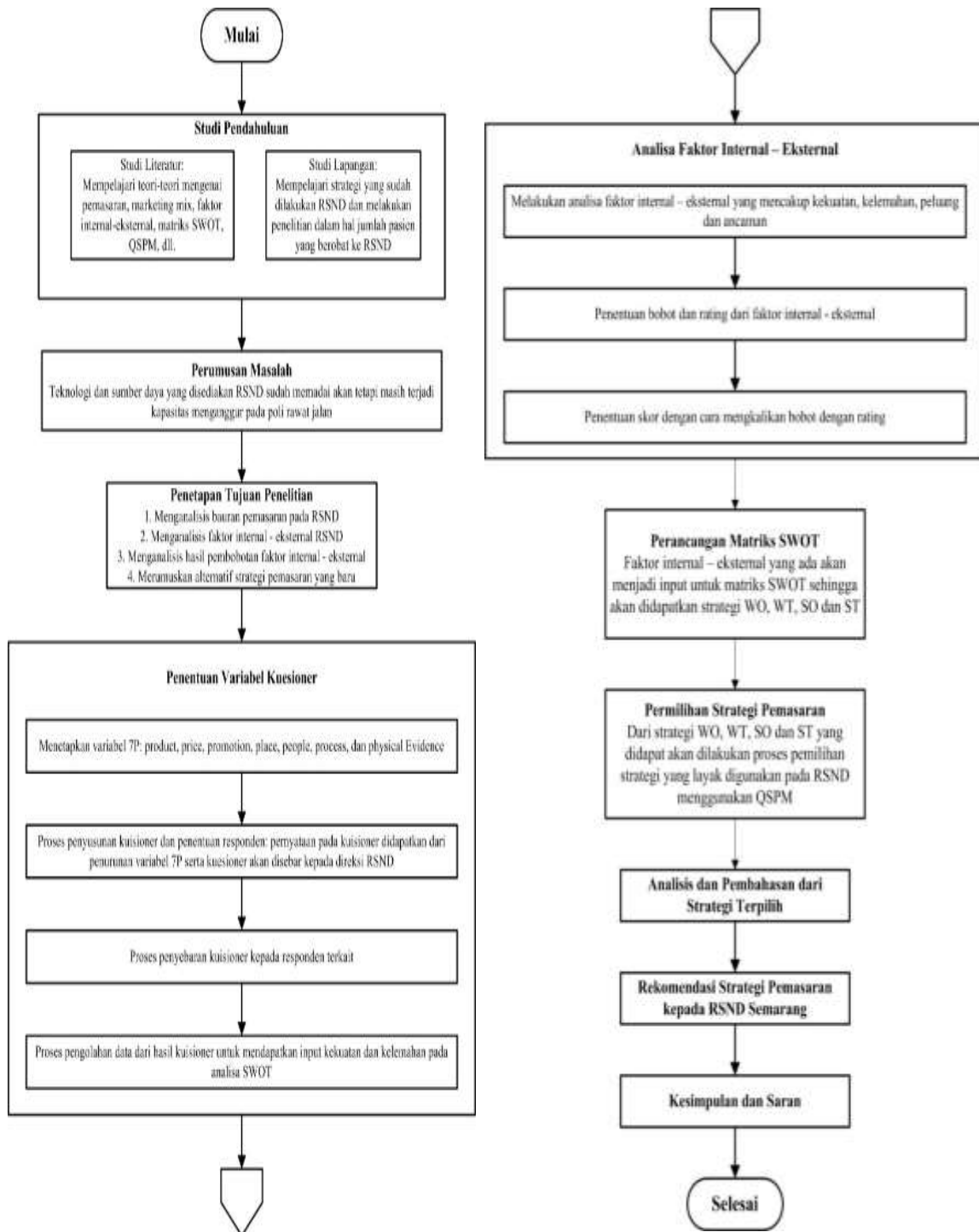
Dari masalah yang ada yaitu adanya kapasitas menganggur yang ada di RSND, maka dilakukan analisa akar masalah dan ditemukan dua akar masalah utama. Pertama adalah lokasi RSND yang tidak berada di pusat lingkungan Universitas Diponegoro. Pihak RSND sudah melakukan langkah untuk menanggulangi hal ini yaitu dengan cara memasang papan petunjuk arah menuju RSND yang dipasang di berbagai lokasi menuju RSND, akan tetapi karena tidak ada akses angkutan umum menuju RSND maka akses menuju RSND cukup terhambat. Masalah yang kedua adalah belum adanya tim marketing yang dimiliki RSND untuk melakukan pemasaran ke berbagai kalangan masyarakat sehingga pemasaran yang telah dilakukan oleh pihak RSND belum maksimal. Masalah ketiga adalah masih sedikitnya karyawan yang bekerja pada RSND yang menimbulkan kesangsian masyarakat apakah RSND sudah mulai beroperasi atau belum. Masalah yang terakhir adalah belum bekerjasamanya RSND Semarang dengan BPJS dan asuransi lainnya sehingga biaya berobat di RSND cenderung lebih mahal dibandingkan dengan apabila berobat di puskesmas atau rumah sakit lain. Dapat disimpulkan bahwa RSND belum memiliki strategi pemasaran yang efektif.

Maka penelitian ini bertujuan menganalisis bauran pemasaran pada RSND, menganalisis faktor internal-eksternal RSND, menganalisis hasil pembobotan faktor internal-eksternal, serta merumuskan alternatif strategi pemasaran untuk RSND.

## **2. Metodologi Penelitian**

Alur penelitian menjelaskan langkah-langkah apa saja yang akan dilakukan saat penelitian. Alur penelitian juga dirancang agar penelitian dapat dilakukan secara sistematis dalam memecahkan masalah penelitian. Alur penelitian dapat dilihat pada gambar 1.





Gambar 1 Alur Penelitian

## 2.1 Pemasaran

Pemasaran adalah proses sosial dan manajerial yang dilakukan oleh individu ataupun kelompok dalam memperoleh kebutuhan dan keinginan mereka, dengan cara membuat dan mempertukarkan produk dan nilai dengan pihak lain (Kotler dan Armstrong, 1997)

### 2.1.1. Strategi Pemasaran

Strategi pemasaran adalah pendekatan pokok yang akan digunakan oleh unit bisnis dalam mencapai sasaran yang telah ditetapkan terlebih dahulu. Di dalamnya tercantum keputusan pokok

mengenai target pasar, penempatan produk pasar, bauran pemasaran, dan tingkat pemasaran yang diperlukan (Kotler, 1997). Sedangkan Lamb, et al. (2001) menjelaskan bahwa strategi pemasaran adalah suatu kegiatan menyeleksi dan penjelasan suatu atau beberapa target pasar dan mengembangkan serta memelihara suatu bauran pemasaran yang akan menghasilkan kepuasan konsumen dengan pasar yang dituju.

Strategi pemasaran baru akan dapat ditetapkan apabila seluruh komponen atau variabel penunjangnya. Variabel penunjang tersebut seperti penetapan harga produk, melakukan promosi, menetapkan saluran distribusi yang akan digunakan telah ditentukan.

### 2.1.2. Marketing Mix

Tjiptono (2007) mendefinisikan Bauran Pemasaran Jasa (hasil pengembangan dari Bauran Pemasaran barang), yaitu merupakan seperangkat alat yang dapat digunakan pemasar untuk membentuk karakteristik jasa yang ditawarkan kepada pelanggan. Marketing mix terdiri dari 7 aspek yaitu:

#### a. *Product*

Produk merupakan elemen penting dalam sebuah program pemasaran. Strategi produk dapat mempengaruhi strategi pemasaran lainnya. Pembelian sebuah produk bukan hanya sekedar untuk memiliki produk tersebut tetapi juga untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan konsumen. Menurut Swastha et al (2005) mendefinisikan produk sebagai suatu sifat yang baik dapat diraba, maupun tidak diraba, termasuk bungkus, warna, harga, pretise perusahaan dan pengecer yang diterima oleh pembeli melalui proses pertukaran nilai.

#### b. *Price*

Menurut Monroe (2005) menyatakan bahwa harga merupakan pengorbanan ekonomi yang dilakukan pelanggan untuk memperoleh produk atau jasa. Selain itu harga salah satu faktor penting konsumen dalam mengambil keputusan untuk melakukan transaksi atau tidak (Engel et al, 1996).

#### c. *Place*

Kotler (1997) menyatakan bahwa “Saluran distribusi terdiri dari seperangkat lembaga yang melakukan segala kegiatan (fungsi) yang digunakan untuk menyalurkan produk dan status pemilikinya dari produsen ke konsumen”. Dari definisi diatas dapat diartikan bahwa saluran distribusi suatu barang adalah keseluruhan kegiatan atau fungsi untuk memindahkan produk disertai dengan hak pemilikinya dari produsen ke konsumen akhir atau pemakai industri.

#### d. *Promotion*

Promosi adalah kegiatan mengkomunikasikan informasi dari penjual kepada konsumen atau pihak lain dalam saluran penjualan untuk mempengaruhi sikap dan perilaku. Melalui periklanan suatu perusahaan mengarahkan komunikasi persuasif pada pembeli sasaran dan masyarakat melalui media-media yang disebut dengan media massa seperti Koran, majalah, tabloid, radio, televisi dan direct mail

#### e. *People*

Yang dimaksud manusia disini adalah karyawan penyedia jasa layanan maupun penjualan, atau orang-orang yang terlibat secara langsung maupun tidak langsung dalam proses layanan itu sendiri, diantaranya adalah para reception, dokter dan perawat.

#### f. *Process*

Proses adalah kegiatan yang menunjukkan bagaimana pelayanan diberikan kepada konsumen selama melakukan pembelian barang. Pengelola RS melalui *front liner* sering menawarkan berbagai macam bentuk pelayanan untuk tujuan menarik konsumen.

#### g. *Physical Evidence*

Lingkungan fisik adalah keadaan atau kondisi yang di dalamnya juga termasuk suasana RS tempat beroperasinya jasa. Karakteristik lingkungan fisik merupakan segi paling nampak kaitannya dengan situasi. Yang dimaksud dengan situasi ini adalah dituasi dan kondisi geografi dan lingkungan institusi, dekorasi, ruangan, suara, aroma, cahaya, cuaca, pelatakan, dan layout yang nampak atau lingkungan yang penting sebagai obyek stimuli.



## 2.2 Analisa Lingkungan Bisnis

Menurut Hubeis dan Najib (2014) bahwa akibat menggejalanya reformasi informasi dan globalisasi, lingkungan kini mengalami perubahan yang luar biasa dan intensitasnya kini semakin sering serta sukar sekali diramalkan. Akibatnya, persaingan menjadi semakin sengit dan permasalahan yang dihadapi organisasi semakin hari menjadi semakin rumit. Untuk itu, sebelum berbagai proses lain dalam manajemen strategik dilakukan, analisis lingkungan perusahaan yang merupakan hal yang pertama untuk dilakukan. Yang dimaksud dengan analisis adalah penelusuran kondisi eksternal dan internal yang dihadapi perusahaan sampai pada pangkalnya. Dengan demikian perusahaan akan dapat mewaspadai dan memahami implikasi-implikasi perubahan untuk kemudian dapat bersaing secara lebih efektif.

## 2.3 Matriks IFE-EFE

Matriks Internal Factor Evaluation (IFE) merupakan sebuah alat formulasi strategi yang digunakan untuk meringkas dan mengevaluasi kekuatan dan kelemahan utama dalam area fungsional bisnis, dan juga memberikan dasar untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi hubungan antara area-area tersebut. Sedangkan matriks Eksternal Factor Evaluation (EFE) digunakan untuk mengetahui faktor-faktor eksternal perusahaan berkaitan dengan peluang dan ancaman yang dianggap penting. Data eksternal dikumpulkan untuk menganalisis hal-hal menyangkut persoalan ekonomi, sosial, budaya, demografi, lingkungan, politik, pemerintahan, hukum, teknologi, dan persaingan.

## 2.4 SWOT

Analisis SWOT adalah identifikasi berbagai faktor secara sistematis untuk merumuskan strategi perusahaan. Analisis ini didasarkan pada logika yang dapat memaksimalkan kekuatan (*strength*) dan peluang (*opportunity*), namun secara bersamaan dapat meminimalkan kelemahan (*weakness*) dan ancaman (*threats*). Proses pengambilan keputusan strategi selalu berkaitan dengan pengembangan misi, tujuan, strategi dan kebijakan perusahaan. Dengan demikian, perencanaan strategi harus menganalisa faktor-faktor strategi perusahaan (kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman) dalam kondisi yang saat ini. Analisis SWOT membandingkan antara faktor eksternal peluang (*opportunity*) dan ancaman (*threats*) dengan faktor internal kekuatan (*strength*) dan kelemahan (*weakness*).

## 2.5 MATRIKS QSPM

*Quantitative Strategic Planning Matrix* (QSPM) merupakan teknik yang secara obyektif dapat menetapkan strategi alternatif yang diprioritaskan. Pemilihan alternatif strategi dengan metod QSPM menggunakan nilai daya tarik (*Attractiveness Scores* atau (AS)) dan total nilai daya tarik (*Total Attractiveness Scores* atau (TAS)). Berdasarkan hasil kuesioner tentang pemilihan alternatif strategi menunjukkan tentang alternatif strategi yang paling diminati oleh responden. Alternatif strategi dengan nilai TAS tertinggi merupakan strategi yang perlu dilaksanakan terlebih dahulu oleh perusahaan. Terdapat 6 langkah yang harus dilakukan dalam QSPM, yaitu:

- Membuat daftar berbagai faktor eksternal dan faktor internal utama di kolom kiri QSPM. Informasi ini harus diambil langsung dari Matriks IFE dan EFE.
- Memberi bobot pada setiap faktor eksternal dan internal utama tersebut. Bobot ini sama dengan bobot yang ada dalam matriks IFE dan EFE. Bobot ditampilkan dalam kolom kecil tepat di kanan faktor-faktor eksternal dan internal.
- Menyusun alternatif strategi yang akan dievaluasi.
- Menetapkan nilai *attractive score*/daya tarik (AS) yang berkisar antara 1 sampai 4. Nilai 1 = tidak memiliki daya tarik, 2 = daya tarik rendah, 3 = daya tarik sedang, 4 = daya tariknya tinggi. Bila tidak ada pengaruhnya terhadap alternatif strategi yang sedang dipertimbangkan tidak diberikan nilai AS.
- Menghitung *Total Attractive Score* (TAS). Selanjutnya mengalikan bobot dengan nilai daya tarik (AS) pada masing-masing faktor eksternal dan internal pada setiap strategi.
- Menghitung jumlah *Total Attractive Score* (TAS). Alternatif strategi yang memiliki nilai total terbesar merupakan strategi yang paling menarik atau dengan kata lain sangat diprioritaskan.



## 2.6 Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini dibagi menjadi data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil langsung dari sumbernya. Dalam penelitian ini data primer yang diambil berupa wawancara kepada jajaran direksi RSND Semarang mengenai strategi pemasaran yang telah dilakukan RSND dan analisa awal tentang faktor lingkungan RSND. Data sekunder merupakan data yang diambil dari data yang telah dikumpulkan orang lain sebelumnya. Dalam penelitian ini data sekunder diambil saat penelitian awal pada RSND Semarang mengenai jumlah pasien yang datang berobat semenjak RSND mulai beroperasi. Selain itu disebar pula kuesioner kepada jajaran direksi RSND yaitu Direktur Umum dan Operasional, Direktur Keuangan dan SDM, dan Direktur Medik dan Keperawatan terkait kekuatan dan kelemahan RSND. Variabel pada kuesioner akan ditunjukkan pada tabel 1.

Tabel 1 Variabel 7P

Konstruk	Indikator
Product	Mutu
	Pilihan
	Pengemasan
Price	Harga Terdaftar
Promotion	Promosi Penjualan
	Periklanan
	Tenaga Penjualan
	Kehumasan
	Pemasaran Langsung
Place	Cakupan Pasar
	Pengelompokkan
	Lokasi
People	Kondisi Fisik Pekerja
	Pelayanan
Process	Kemudahan dalam Berobat
Physical Evidence	Kenyamanan
	Ketersediaan Fasilitas Penunjang
	Ketersediaan Obat

## 2.7 Pengolahan Data

Yang dilakukan pertama kali adalah penentuan kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang dimiliki RSND baik menggunakan kuesioner yang disebar kepada jajaran direksi RSND dan hasil wawancara dari jajaran direksi RSND. Setelah diketahui kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang dimiliki RSND maka dilakukan analisa faktor internal dan eksternal untuk menentukan skor dari tiap faktor dan mengetahui posisi perusahaan dari IE matrix. Langkah selanjutnya adalah perumusan strategi pemasaran menggunakan matriks SWOT. Langkah terakhir adalah penggunaan metode QSPM untuk menentukan urutan strategi yang layak untuk diterapkan terlebih dahulu.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1 Penentuan Kekuatan dan Kelemahan RSND Berdasarkan Hasil Kuesioner

Kuesioner yang digunakan berdasar bauran pemasaran 7P yaitu *product*, *price*, *place*, *promotion*, *people*, *process*, dan *physicalevidence*. Kuesioner 7P akan disebar kepada direksi RSND sebanyak 3 orang. Kuesioner yang disebar menggunakan skala 1-5. Apabila rata-rata suatu pernyataan memiliki nilai lebih besar dari 4,5 maka pernyataan tersebut akan dianggap sebagai kelebihan RSND dan apabila suatu pernyataan memiliki nilai kurang dari 3 maka akan dianggap sebagai kelemahan dari RSND.



### 3.2 Analisa Faktor Internal-Eksternal

Untuk penentuan faktor eksternal hanya dilakukan dengan cara wawancara bersama direksi RSND. Sedangkan untuk penentuan faktor internal dilakukan dengan cara wawancara bersama dengan direksi RSND dan dengan penyebaran kuesioner 7P kepada direksi RSND. Apabila suatu pernyataan memiliki nilai rata-rata lebih dari 4,5 maka pernyataan tersebut dapat dikategorikan sebagai kekuatan RSND. Sedangkan apabila suatu pernyataan memiliki nilai kurang dari 3 maka pernyataan tersebut akan dikategorikan sebagai kelemahan. Berikut ini merupakan faktor internal dan eksternal RSND:

#### FAKTOR INTERNAL

##### a. Kekuatan

- Memiliki SDM yang ahli dan profesional
- Harga bersaing dengan RS tipe C lainnya
- Memiliki teknologi yang canggih untuk RS tipe C
- Layanan kesehatan yang ditawarkan beragam
- Memiliki fasilitas pendukung yang memadai

##### b. Kelemahan

- Tarif RSND diatur oleh rektor
- Untuk pelayanan poli spesialis dokter tidak selalu ada di tempat (harus bikin janji terlebih dahulu)
- Lokasi belum strategis karena belum ada angkutan umum yang melewati RSND
- Sarana dan prasarana menuju RSND masih kurang nyaman
- Tidak ada peraturan resmi untuk RS PTN
- Adanya masalah dalam pengadaan obat
- Proses pembayaran di RSND masih rumit
- Tidak ada brosur yang berisi informasi pelayanan kesehatan RSND di klinik dan puskesmas sekitar Semarang.

#### FAKTOR EKSTERNAL

##### a. Peluang

- Di daerah Semarang atas belum ada RS yang memiliki teknologi secanggih RSND
- Civitas akademika Universitas Diponegoro mencapai lebih dari 50.000 jiwa
- Penduduk daerah Semarang atas terus bertambah sebagai daerah urban
- Adanya rencana Bus Trans Semarang Koridor VI yang akan melewati RSND
- Berkembangnya teknologi internet

##### b. Ancaman

- Munculnya berbagai RS pemodal asing di Semarang
- Ada beberapa RS lain di kawasan Semarang atas
- Adanya peluang RS lain memiliki teknologi yang lebih baru daripada yang dimiliki RSND
- Standarisasi RSND mudah ditiru oleh RS lain
- Adanya keengganan dari masyarakat untuk berobat di RSND karena merupakan RS Pendidikan.

### 3.2.1 Penentuan Skor Faktor Internal-Eksternal

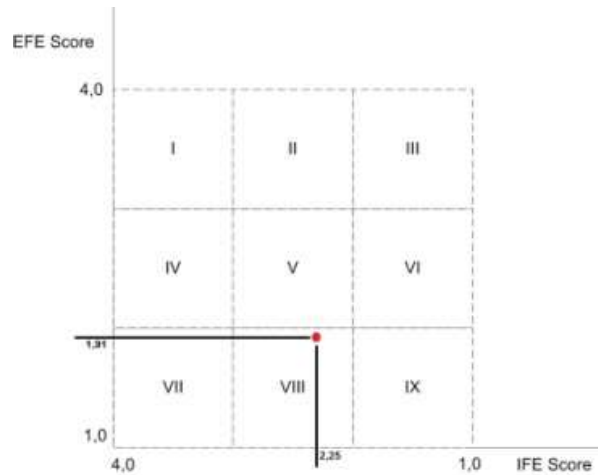
Dari faktor internal dan eksternal yang ada akan ditentukan skornya untuk mengetahui dimana posisi RSND saat ini. Skor untuk faktor internal eksternal didapatkan dari hasil perkalian antara bobot dan rating. Dimana jumlah bobot dari seluruh faktor adalah 1 dan rating diisi pada skala 1 sampai 4 dimana 1 berarti buruk, 2 berarti cukup, 3 berarti baik dan 4 berarti sangat baik. Bobot dan rating setiap faktor akan diisi oleh 3 direksi RSND yang selanjutnya akan dirata-rata.

### 3.3 IE Matrix

IE-Matrix digunakan untuk memposisikan organisasi ke dalam matriks yang terdiri dari 9 sel. IE-Matrix merupakan kelanjutan dari model matriks EFE dan IFE. Dimana total skor IFE dan EFE dimasukkan ke dalam sumbu x dan sumbu y dari IE-Matrix.







Gambar 1 IE Matriks

Dari hasil perhitungan analisa faktor internal didapatkan nilai sebesar 2,25 yang berarti posisi internal RSND pada adalah sedang. Dan hasil perhitungan analisa faktor eksternal mendapatkan nilai 1,91 yang berarti rendah atau lemah.

Pada gambar.1 dapat dilihat bahwa posisi RSND berada pada titik (2,255;1,91) yang menandakan bahwa RSND saat ini berada di kuadran VIII. Dari segi ilmu manajemen, suatu perusahaan yang berada pada kuadran tersebut seharusnya menerapkan strategi harvest or divest yang berarti sebaiknya RSND dijual kepada pembeli yang sanggup mengelola RSND di masa depan. Akan tetapi RSND merupakan rumah sakit pendidikan yang merupakan syarat penting dalam berlangsungnya proses akademik Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro yang berarti bahwa RSND tidak dapat diambil alih oleh perusahaan lain. Untuk itu saran yang paling tepat untuk RSND adalah untuk mempekerjakan tim marketing ahli untuk mengembangkan sisi eksternal RSND sehingga jajaran direksi RSND sendiri bisa fokus dalam menjalankan RSND.

### 3.4 SWOT

SWOT merupakan alat bantu yang digunakan untuk mengembangkan strategi dari kekuatan, kelemahan, peluang dan ancaman yang ada. Berikut ini merupakan output dari mariks SWOT.

#### a. Strategi SO

- Bekerja sama dengan pihak Rektorat Universita Diponegoro dalam pelaksanaan tes kesehatan mahasiswa baru Universitas Diponegoro
- Membuat website khusus RSND yang berisi informasi jadwal praktik dokter RSND

#### b. Strategi WO

- Bekerja sama dengan pihak ketiga untuk memudahkan proses pembayaran di RSND (contoh: penggunaan kartu kredit atau debit, dsb)
- Memberikan potongan harga bagi civitas akademika Universitas Diponegoro

#### c. Strategi ST

- Memberikan paket pelayanan kesehatan sesuai kebutuhan pasien
- Menyebarkan brosur mengenai RSND sebagai RS Spesialis Jantung di klinik pratama dan puskesmas sekitar Semarang
- Melakukan siaran di radio dan tv lokal seputar kesehatan dengan dokter dari RSND sebagai narasumber
- Menyelenggarakan seminar kesehatan untuk civitas akademik maupun masyarakat sekitar

#### d. Strategi WT

- Memasang profil RSND sebagai RS Spesialis Jantung pada koran dan majalah yang sering dibaca oleh calon pasien
- Bekerjasama dengan pihak asuransi (BPJS Kesehatan, Sinarmas, Jamkesmas, dll)

Dari hasil matriks SWOT ditemukan 10 alternatif strategi pemasaran. Seluruh alternatif strategi tersebut selanjutnya diseleksi oleh RSND untuk mengetahui apakah strategi tersebut



layak diterapkan pada RSND. Berikut ini merupakan strategi yang layak diterapkan dan dapat dilanjutkan untuk diolah menggunakan QSPM.

- a. Bekerja sama dengan pihak Rektorat Universitas Diponegoro dalam pelaksanaan tes kesehatan mahasiswa baru Universitas Diponegoro
- b. Membuat website khusus RSND yang berisi informasi jadwal praktik dokter RSND
- c. Memberikan paket pelayanan kesehatan sesuai kebutuhan pasien
- d. Menyebarkan brosur mengenai RSND sebagai RS Spesialis Jantung di klinik pratama dan puskesmas sekitar Semarang
- e. Melakukan siaran di radio dan tv lokal seputar kesehatan dengan dokter dari RSND sebagai narasumber
- f. Menyelenggarakan seminar kesehatan untuk civitas akademik maupun masyarakat sekitar
- g. Memasang profil RSND sebagai RS Spesialis Jantung pada koran dan majalah yang sering dibaca oleh calon pasien
- h. Bekerjasama dengan pihak asuransi (BPJS Kesehatan, Sinarmas, Jamkesmas, dll)

### 3.5 QSPM

Matriks Perencanaan Strategis Kuantitatif (QSPM) merupakan alat analisis dalam pengambilan keputusan. QSPM menentukan strategi terbaik dengan menghitung bobot, Attractive Scores (AS), Total Attractive Scores (TAS), dan penjumlahan TAS. Bobot faktor lingkungan internal dan eksternal diperoleh dari bobot IFE dan EFE Matrix. Nilai AS diperoleh dari pengisian kuesioner oleh jajaran direksi RSND. TAS diperoleh dengan mengalikan bobot dengan AS untuk setiap faktor lingkungan internal dan eksternal. Semakin tinggi nilai TAS berarti semakin menarik alternatif strategi tersebut. Penjumlahan TAS diperoleh dengan menjumlahkan seluruh nilai TAS untuk setiap alternatif strategi yang ada. Nilai penjumlahan TAS yang paling tinggi menunjukkan strategi yang paling menarik untuk digunakan oleh RSND. Gambaran penggunaan matriks QSPM dapat dilihat pada tabel 2.

Berdasarkan hasil metode QSPM yang telah dilakukan, berikut ini merupakan urutan saran strategi pemasaran yang dapat direkomendasikan kepada RSND.

- a. Membuat website khusus RSND yang berisi informasi jadwal praktik dokter RSND
- b. Memasang profil RSND sebagai RS Spesialis Jantung pada koran dan majalah yang sering dibaca oleh calon pasien
- c. Menyebarkan brosur mengenai RSND sebagai RS Spesialis Jantung di klinik pratama dan puskesmas sekitar Semarang
- d. Melakukan siaran di radio dan tv lokal seputar kesehatan dengan dokter dari RSND sebagai narasumber
- e. Memberikan paket pelayanan kesehatan sesuai kebutuhan pasien
- f. Bekerjasama dengan pihak asuransi (BPJS Kesehatan, Sinarmas, Jamkesmas, dll)
- g. Bekerja sama dengan pihak Rektorat Universitas Diponegoro dalam pelaksanaan tes kesehatan mahasiswa baru Universitas Diponegoro
- h. Menyelenggarakan seminar kesehatan untuk civitas akademik maupun masyarakat sekitar.

Tabel 2 Matriks QSPM

		ALTERNATIF STRATEGI									
FAKTOR INTERNAL	BOBOT	a		b		...	g		h		
		AS	TAS	AS	TAS	...	AS	TAS	AS	TAS	
KEKUATAN											
SDM yang ahli dan profesional	0,0967	4,00	0,39	4,33	0,42	...	4,00	0,39	3,00	0,29	
Harga bersaing dengan Rumah Sakit tipe C lainnya	0,0567	2,33	0,13	4,00	0,23	...	4,00	0,23	5,00	0,28	
KELEMAHAN											
Tarif RS diatur oleh rektor	0,0600	4,33	0,26	2,00	0,12	...	2,00	0,12	5,00	0,30	
Proses pembayaran di RSND masih rumit	0,0733	2,00	0,15	3,00	0,22	...	2,00	0,15	5,00	0,37	



		ALTERNATIF STRATEGI									
FAKTOR INTERNAL	BOBOT	a		b		...	g		h		
		AS	TAS	AS	TAS	...	AS	TAS	AS	TAS	
KEKUATAN											
Tidak ada brosur yang berisi informasi pelayanan rumah sakit tersedia di berbagai klinik kesehatan atau puskesmas		0,0833	2,00	0,17	4,00	0,33	...	5,00	0,42	2,00	0,17
FAKTOR EKSTERNAL											
PELUANG											
Di daerah Semarang atas belum ada RS yang memiliki teknologi secanggih RSND		0,1100	4,00	0,44	4,67	0,51	...	5,00	0,55	2,00	0,22
Berkembangnya teknologi internet		0,0767	4,00	0,31	5,00	0,38	...	5,00	0,38	2,00	0,15
ANCAMAN											
Munculnya RS pemodal asing		0,1000	2,00	0,20	4,00	0,40	...	5,00	0,50	4,33	0,43
Adanya keengganan dari masyarakat untuk berobat di RSND karena merupakan RS Pendidikan		0,1367	2,33	0,32	4,00	0,55	...	5,00	0,68	4,67	0,64
<b>Total TAS</b>			2,36		3,16		...	3,41		2,85	

#### 4. Kesimpulan dan Saran

##### 4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data yang dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

- Hasil analisis dari bauran pemasaran didapatkan input untuk matriks SWOT berupa 2 kekuatan dan 5 kelemahan. Sehingga pada dasarnya RSND harus bisa menutupi kelemahan yang dimiliki dengan memanfaatkan kekuatan yang dimiliki oleh RSND.
- Dari hasil brainstorming dengan jajaran direksi RSND didapatkan 5 kekuatan, 8 kelemahan, 5 peluang dan 5 ancaman yang dimiliki oleh RSND.
- Hasil perhitungan skor factor internal RSND adalah 2,255 untuk factor internal dan 1,91 untuk factor eksternal. Walaupun dari segi ilmu manajemen menyarankan bahwa sebaiknya RSND dijual kepada perusahaan lain yang lebih mampu untuk mengelola RSND, tetapi dari status RSND yang merupakan RS pendidikan bagi mahasiswa Fakultas Kedokteran Universitas Diponegoro menandakan bahwa yang dapat dilakukan oleh RSND adalah terus berjuang untuk menambah skor untuk factor eksternal RSND.
- Dari hasil pengolahan data yang dilakukan menggunakan matriks SWOT dan metode QSPM, didapatkan 8 rekomendasi strategi pemasaran.

##### 4.2 Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, penulis memberikan saran sebagai berikut yang ditujukan kepada peneliti yang melakukan penelitian dengan tema serupa:

- Melakukan penelitian dengan fokus utama terhadap bauran promosi atau promotion component apa saja yang telah dilakukan oleh suatu perusahaan atau instansi.
- Membuat rancangan strategi yang dapat diimplementasikan dalam waktu yang panjang tanpa harus diperbarui.

##### Daftar Pustaka

- Engel, James F., Blackwell, Roger D., dan Miniard, Paul W. 1995. *Perilaku Konsumen*. Jakarta: Binarupa Aksara.
- Hubeis dan Najib. 2014. *Manajemen Strategis dalam Pengembangan Daya Saing Organisasi*. Jakarta: PT Elek Media Komputindo



- Kotler, Philip. 1997. *Manajemen Pemasaran Analisis, Perencanaan, Implementasi, dan Pengendalian*. Jakarta: Salemba Empat.
- Kotler, Philip dan Armstrong, Gary. 1997. *Dasar-Dasar Pemasaran*. Jakarta: Prenhallindo.
- Lamb, Charles W., Joseph F. Hair, Carl Mcdaniel. 2001. *Pemasaran*. Edisi Pertama, Salemba Empat, Jakarta.
- Monroe, Allard C.R., Van Riel et al. 2005. Marketing Antecedent of Industrial Brand Equity: *An Empirical Investigation in Specialty Chemical*. *Industrial Marketing Management* (12) 841-847.
- Swastha, Basu dan Irawan. 2005. *Manajemen Pemasaran Modern*. Yogyakarta: Liberty.
- Tjiptono, F. 2007. *Pemasaran Jasa*. Malang: Bayumedia.



# **Penjadwalan Produksi *Flow Shop* untuk Meminimalkan *Makespan* dengan Metode *Campbell, Dudek, and Smith* (CDS), Metode *Palmer*, Metode *Dannenbring*, dan Metode *Ignall-Scharge* (Studi Kasus di CV. Bonjor Jaya, Klaten)**

**Dwi Agustina Kurniawati, Muhammad Khasanal Hamman**

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Sunan Kalijaga  
Jl. Marsda Adisucipto Yogyakarta 55281  
E-mail: dwi.kurniawati@uin-suka.ic.id ; industrihamman79@gmail.com

## **Intisari**

*Penjadwalan adalah pengurutan pembuatan/pengerjaan produk secara menyeluruh yang dikerjakan pada beberapa buah mesin. CV. Bonjor Jaya merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pengecoran logam, dimana penjadwalan produksinya menerapkan sistem First Come First Serve (FCFS). Pada penelitian ini akan dicari kombinasi urutan pengerjaan produk yang menghasilkan nilai makespan paling minimal dengan metode Campbell, Dudek, and Smith (CDS), metode Palmer, metode Dannenbring, dan metode Ignall-Scharge. Dengan metode Campbell, Dudek, and Smith (CDS) menghasilkan makespan terkecil dari urutan 6-5-3-4-2-1 sebesar 140079.47, dengan menggunakan metode Palmer menghasilkan makespan terkecil dari urutan 1-3-2-4-5-6 sebesar 140213.93 detik, dengan menggunakan metode Dannenbring menghasilkan makespan terkecil dari urutan 6-5-4-2-3-1 sebesar 140079.92 detik, dan dengan metode Ignall-Scharge menghasilkan makespan terkecil sebesar 139717.27 detik dari 24 urutan salah satunya 3-2-4-5-6-1. Berdasarkan nilai makespan maka ditetapkan metode Ignall-Scharge adalah metode yang paling tepat diterapkan di perusahaan CV. Bonjor Jaya dengan dapat mengurangi nilai makespan sebesar 496.66 detik atau lebih efisien 0.35%.*

*Kata Kunci: Penjadwalan, CDS, Palmer, Dannenbring, Ignall-Scharge*

## **1. Pendahuluan**

Suatu perusahaan didirikan tentu dengan tujuan untuk memperoleh profit dari proses yang akan dilakukan oleh perusahaan tersebut. Perusahaan-perusahaan yang melakukan aktifitas proses produksi mereka memaksimalkan keuntungan dengan memaksimalkan produksi tetapi menggunakan pengeluaran yang paling minimal. Memaksimalkan produksi tentu dilakukan dengan memperhatikan faktor-faktor seperti bahan baku, tenaga kerja, lingkungan kerja, serta penjadwalan produksi. Faktor-faktor di atas walaupun dianggap telah dalam kondisi yang baik namun kenyataannya masih banyak perusahaan yang tidak tercapai target produksinya. Target produksi yang tidak tercapai tersebut disebabkan oleh penjadwalan produksi yang kurang tepat.

Menurut Ginting (2009), kriteria penjadwalan yang berdasarkan waktu ini dapat dibedakan atas minimasi *makespan* dan pemenuhan *due date*. Perusahaan yang melakukan aktivitas *safety stock* seperti di CV. Bonjor Jaya maka penjadwalan yang dilakukan untuk tercapainya target produksi adalah dengan meminimalkan *makespan*. Penjadwalan produksi di CV. Bonjor Jaya secara umum masih berubah-ubah dan perubahannya cenderung dikarenakan pesanan yang masuk terlebih dahulu diprioritaskan untuk dikerjakan sedangkan pesanan yang lain dikerjakan setelahnya sehingga mempengaruhi besarnya *makespan*. Besarnya *makespan* menyebabkan bertambahnya waktu produksi perusahaan, sehingga sisa waktu produksi perusahaan menjadi sedikit untuk memproduksi produk yang lain dan berdampak keterlambatan pemenuhan *order*.

Penyusunan jadwal produksi yang tepat dapat meminimalkan *makespan* sehingga waktu yang tersedia dapat digunakan untuk menyelesaikan semua produk dan keterlambatan pengiriman



ke konsumen pun dapat dihindari. Perusahaan seperti CV. Bonjor Jaya yang melakukan  $n$  buah pekerjaan dengan harus melalui  $m$  buah mesin secara berurutan terdapat beberapa metode yang umum digunakan untuk meminimalkan *makespan* yaitu metode CDS (*Campbell, Dudek, and Smith*), metode *Dannenbring*, metode *Palmer*, dan metode *Ignall-Scharge*. Penggunaan lebih dari satu metode dimaksudkan agar hasil kombinasi urutan job dapat lebih bervariasi sehingga nilai *makespan* yang dipilih dapat lebih minimal.

## 2. Metodologi

### 2.1 Objek Penelitian

Objek dalam penelitian ini di CV. Bonjor Jaya yaitu perusahaan yang bergerak di bidang Pengecoran Logam, Klaten, Jawa Tengah dibatasi hanya di bagian produksi untuk jenis produk *Pulley V Belt*, yaitu *Pulley B1 8*, *Pulley B2 8*, *Pulley B3 8*, *Pulley B2 10*, *Pulley B2 12* dan *Pulley B3 12*.

### 2.2 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang dilakukan untuk memperoleh data-data yang diperlukan dalam penelitian ini yaitu:

#### 1. Observasi

Pada penelitian ini observasi dilakukan untuk memperoleh data tentang data titik patah atau titik awal serta titik akhir dari masing-masing elemen pekerjaan, data waktu kerja pada masing-masing elemen pekerjaan, serta data *allowance* dan *rating factor* dari operator.

#### 2. Wawancara

Dalam penelitian ini wawancara dilakukan untuk mengetahui informasi mengenai jalannya proses produksi, data jumlah produk, jumlah mesin dan operator yang digunakan pada lintasan produksi pembuatan *Pulley V Belt* serta jadwal operasi harian dari perusahaan.

3. Peninjauan dan pencatatan dokumen-dokumen perusahaan yang dibutuhkan dalam penelitian Melalui cara ini akan dikumpulkan data-data sekunder.

### 2.3 Metode Analisis Data

Metode analisis data pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghitung jumlah pengamatan yang seharusnya dibuat ( $N$ ) berdasarkan rumus *The Mytag Company*.
2. Menguji keseragaman data serta kecukupan data.
3. Kemudian data yang telah diuji keseragaman dan kecukupan data, dihitung waktu standarnya untuk setiap elemen kerja.
4. Penjadwalan dengan menggunakan metode CDS (*Campbell, Dudek, and Smith*), metode *Palmer*, metode *Dannenbring*, dan metode *Ignall-Scharge*, kemudian dihitung *makespan* untuk masing-masing penjadwalan.
5. Menyimpulkan metode penjadwalan dengan nilai *makespan* terkecil merupakan penjadwalan paling sesuai untuk diterapkan di perusahaan.

## 3. Hasil dan Pembahasan

Berdasarkan perhitungan waktu proses pengerjaan *pulley* yang telah dilakukan, maka data waktu proses dapat dikelompokkan berdasarkan total waktu atau *work center* dan jenis *pulley*, seperti terlihat pada tabel berikut:

Tabel 1. Pengelompokan waktu pengerjaan setiap *work wenter* untuk masing-masing jenis *pulley*

Jenis <i>Pulley</i>	Work Center						
	WC 1 (detik)	WC 2 (detik)	WC 3 (detik)	WC 4 (detik)	WC 5 (detik)	WC 6 (detik)	WC 7 (detik)
B1 8	1080.34	22904.46	447.45	186.71	185.49	340.85	13.33
B2 8	1082.07	22904.49	702.39	199.09	195.31	342.08	13.68



Jenis Pulley	Work Center						
	WC 1 (detik)	WC 2 (detik)	WC 3 (detik)	WC 4 (detik)	WC 5 (detik)	WC 6 (detik)	WC 7 (detik)
B2 10	1220.26	22913.07	718.39	193.51	199.06	344.31	15.04
B2 12	1395.86	22919.19	732.15	214.01	212.16	381.46	16.72
B3 12	1431.11	22922.87	790.15	240.17	223.39	386.53	18.17

### 3.1 Nilai Makespan dari Proses Penjadwalan yang Diterapkan oleh Perusahaan

CV. Bonjor Jaya dalam melaksanakan proses produksi sehari-hari pada dasarnya hanya melakukan proses produksi dengan berdasarkan prinsip *First Come First Serve* (FCFS) dengan urutan 1-3-2-4-5-6. Kemudian dicari nilai *idle time* dan *makespan* sebagai berikut:

Tabel 2. Nilai *idle time* dan *makespan* urutan 1-3-2-4-5-6

urutan job	( $t_{i,6}$ )	( $I_{i,6}$ )	( $t_{new(i),6}$ )	( $t_{i,7}$ )	( $I_{i,7}$ )	( $t_{new(i),7}$ )
1	340.85	24804.45	25145.3	13.33	25145.3	25158.63
3	337.05	22641.4	22978.45	16.31	22965.32	22981.63
2	342.08	22773.23	23115.31	13.68	23099	23112.68
4	344.31	22585.16	22929.47	15.04	22915.8	22930.83
5	381.46	22622.24	23003.7	16.72	22988.7	23005.38
6	386.53	22636.8	23023.33	18.17	23006.6	23024.78
	2132.28	138009.28	140141.56	93.25	140066.48	140213.93

Dari tabel di atas dimana  $I$  = *idle time* dan  $t$  = waktu proses diperoleh nilai *makespan* yaitu 140213.93 detik.

### 3.2 Penjadwalan dan Perhitungan Makespan dengan Menggunakan metode CDS (Campbell, Dudek, and Smith)

Penjadwalan dengan metode CDS menghasilkan 3 kombinasi urutan yaitu 6-5-3-4-2-1; 6-5-4-2-1-3; 6-5-4-2-3-1. Dari urutan 6-5-3-4-2-1 diperoleh hasil iterasi untuk menentukan nilai *makespan*:

Tabel 3. Hasil iterasi untuk urutan 6-5-3-4-2-1

urutan job	( $t_{i,6}$ )	( $I_{i,6}$ )	( $t_{new(i),6}$ )	( $t_{i,7}$ )	( $I_{i,7}$ )	( $t_{new(i),7}$ )
6	386.53	25607.69	25994.22	18.17	25994.22	26012.39
5	381.46	22437.27	22818.73	16.72	22800.56	22817.28
3	337.05	22262.12	22599.17	16.31	22582.45	22598.76
4	344.31	22795.98	23140.29	15.04	23123.98	23139.02
2	342.08	22545.56	22887.64	13.68	22872.6	22886.28
1	340.85	22285.24	22626.09	13.33	22612.41	22625.74
	2132.28	137933.86	140066.14	93.25	139986.22	140079.47

Dari tabel di atas dimana  $I$  = *idle time* dan  $t$  = waktu proses diperoleh nilai *makespan* yaitu 140079.47 detik. Dari urutan 6-5-4-2-1-3 diperoleh hasil iterasi untuk menentukan nilai *makespan*:



Tabel 4. Hasil iterasi untuk urutan 6-5-4-2-1-3

urutan job	$(t_{i,6})$	$(I_{i,6})$	$(t_{\text{new}(i),6})$	$(t_{i,7})$	$(I_{i,7})$	$(t_{\text{new}(i),7})$
6	386.53	25607.69	25994.22	18.17	25994.22	26012.39
5	381.46	22437.27	22818.7	16.72	22800.56	22817.28
4	344.31	22484.3	22828.6	15.04	22811.84	22826.88
2	342.08	22546	22888.1	13.68	22873.05	22886.73
1	340.85	22285.2	22626.1	13.33	22612.41	22625.74
3	337.05	22641.4	22978.5	16.31	22965.12	22981.43
	2132.28	138001.86	140134.14	93.25	140057.2	140150.45

Dari tabel di atas dimana  $I = \text{idle time}$  dan  $t = \text{waktu proses}$  diperoleh nilai *makespan* yaitu 140150.45 detik. Dari urutan 6-5-4-2-3-1 diperoleh hasil iterasi untuk menentukan nilai *makespan*:

Tabel 5. Hasil iterasi untuk urutan 6-5-4-2-3-1

urutan job	$(t_{i,6})$	$(I_{i,6})$	$(t_{\text{new}(i),6})$	$(t_{i,7})$	$(I_{i,7})$	$(t_{\text{new}(i),7})$
6	386.53	25607.69	25994.22	18.17	25994.22	26012.39
5	381.46	22437.27	22818.7	16.72	22800.56	22817.28
4	344.31	22484.3	22828.6	15.04	22811.84	22826.88
2	342.08	22546	22888.1	13.68	22873.05	22886.73
3	337.05	22363	22700.1	16.31	22686.4	22702.71
1	340.85	22496.1	22836.9	13.33	22820.6	22833.93
	2132.28	137934.31	140066.59	93.25	139986.67	140079.92

Dari tabel di atas dimana  $I = \text{idle time}$  dan  $t = \text{waktu proses}$  diperoleh nilai *makespan* yaitu 140079.92 detik.

### 3.3 Penjadwalan dan Perhitungan *Makespan* dengan Menggunakan metode *Palmer*

Penjadwalan dengan metode *Palmer* menghasilkan kombinasi urutan 1-3-2-4-5-6 dengan hasil iterasi untuk menentukan nilai *makespan*:

Tabel 6. Hasil iterasi untuk urutan 1-3-2-4-5-6

urutan job	$(t_{i,6})$	$(I_{i,6})$	$(t_{\text{new}(i),6})$	$(t_{i,7})$	$(I_{i,7})$	$(t_{\text{new}(i),7})$
1	340.85	24804.45	25145.3	13.33	25145.3	25158.63
3	337.05	22641.4	22978.45	16.31	22965.32	22981.63
2	342.08	22773.23	23115.31	13.68	23099	23112.68
4	344.31	22585.16	22929.47	15.04	22915.8	22930.83
5	381.46	22622.24	23003.7	16.72	22988.7	23005.38
6	386.53	22636.8	23023.33	18.17	23006.6	23024.78
	2132.28	138009.28	140141.56	93.25	140066.48	140213.93

Dari tabel di atas dimana  $I = \text{idle time}$  dan  $t = \text{waktu proses}$  diperoleh nilai *makespan* yaitu 140213.93 detik.

### 3.4 Penjadwalan dan Perhitungan *Makespan* dengan Menggunakan metode *Dannenbring*





Penjadwalan dengan metode *Dannenbring* menghasilkan kombinasi urutan 6-5-4-2-3-1 dengan hasil iterasi untuk menentukan nilai *makespan*:

Tabel 7. Hasil iterasi untuk urutan 6-5-4-2-3-1

urutan job	$(t_{i,6})$	$(I_{i,6})$	$(t_{new(i),6})$	$(t_{i,7})$	$(I_{i,7})$	$(t_{new(i),7})$
6	386.53	25607.69	25994.22	18.17	25994.22	26012.39
5	381.46	22437.27	22818.7	16.72	22800.56	22817.28
4	344.31	22484.3	22828.6	15.04	22811.84	22826.88
2	342.08	22546	22888.1	13.68	22873.05	22886.73
3	337.05	22363	22700.1	16.31	22686.4	22702.71
1	340.85	22496.1	22836.9	13.33	22820.6	22833.93
	2132.28	137934.31	140066.59	93.25	139986.67	140079.92

Dari tabel di atas dimana  $I$  = *idle time* dan  $t$  = waktu proses diperoleh nilai *makespan* yaitu 140079.92 detik.

### 3.5 Penjadwalan dan Perhitungan *Makespan* dengan Menggunakan metode *Ignall-Scharge*

Penjadwalan dengan menggunakan metode *Ignall-Scharge* yaitu penyelesaian masalah kombinasi urutannya menggunakan strategi pengurangan jumlah perhitungan yang dilakukan. Dalam metode ini ada dua macam prosedur dasar yaitu *branching* (percabangan) dan *bounding* (pembatasan). Menurut Ginting (2009), Masing-masing cabang yang terbentuk menggambarkan urutan parsial, dan untuk menentukan bagian mana yang menjadi cabang yang akan dikembangkan, dihitung *makespan* terendah (*lower bound*) dari masing-masing cabang. Hasil dari metode *Ignall-Scharge* terdiri atas 24 kombinasi yaitu 3-2-4-5-6-1; 3-2-4-6-5-1; 3-2-5-4-6-1; 3-2-5-6-4-1; 3-2-6-4-5-1; 3-2-6-5-4-1; 3-4-2-5-6-1; 3-4-2-6-5-1; 3-4-5-2-6-1; 3-4-5-6-2-1; 3-4-6-2-5-1; 3-4-6-5-2-1; 3-5-2-4-6-1; 3-5-2-6-4-1; 3-5-4-2-6-1; 3-5-4-6-2-1; 3-5-6-2-4-1; 3-5-6-4-2-1; 3-6-2-4-5-1; 3-6-2-5-4-1; 3-6-4-2-5-1; 3-6-4-5-2-1; 3-6-5-2-4-1; 3-6-5-4-2-1 dimana waktu *makespan* dari 24 kombinasi tersebut sama, yaitu 139717.27 detik.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

1. Metode CDS (*Campbell, Dudek, and Smith*) menghasilkan 3 kombinasi urutan *job*, metode *Palmer* menghasilkan 1 kombinasi urutan *job*, metode *Dannenbring* menghasilkan 1 kombinasi urutan *job*, dan metode *Ignall-Scharge* menghasilkan 24 kombinasi urutan *job*.
2. Metode CDS (*Campbell, Dudek and Smith*) menghasilkan *makespan* minimal 140079.47 detik, metode *Palmer* menghasilkan *makespan* minimal 140213.93 detik, metode *Dannenbring* menghasilkan *makespan* minimal 140079.92 detik, dan metode *Ignall-Scharge* menghasilkan *makespan* minimal 139717.27 detik.
3. Penjadwalan dengan metode *Ignall-Scharge* menghasilkan nilai *makespan* yang lebih minimal daripada nilai *makespan* yang dihasilkan penjadwalan yang diterapkan perusahaan sebelumnya maupun yang dihasilkan ketiga metode lainnya, yaitu lebih rendah 496.66 detik atau lebih efisien 0.35% bila dibandingkan dengan hasil *makespan* dari penjadwalan yang telah diterapkan oleh perusahaan. Sehingga metode *Ignall-Scharge* yang paling baik untuk diterapkan di perusahaan CV. Bonjor Jaya untuk memproduksi jenis *Pulley* B1 8, *Pulley* B2 8, *Pulley* B3 8, *Pulley* B2 10, *Pulley* B2 12, *Pulley* B3 12 dibandingkan tiga metode lainnya dengan urutan *job* *Pulley* B3 8, *Pulley* B2 8, *Pulley* B2 10, *Pulley* B2 12, *Pulley* B3 12, *Pulley* B1 8.



**Daftar Pustaka**

- Baker, Kenneth R., 1974, *Introduction to Sequencing and Scheduling*, John Wiley and sons, New York.
- Dewi, Gemala Dewi, Booby O.P. Soepangkat, dan Nurhadi siswanto, 2005, Penjadwalan Pembuatan Box Aluminium untuk Meminimumkan Makespan (Studi Kasus di Perusahaan Karoseri ASN), *Jurnal Program Pasca Sarjana Magister ITS*, ISBN: 979-99302-0-0.
- Ginting, Rosnani, 2009, *Penjadwalan Mesin*, Yogyakarta, Graha Ilmu.
- Gozali, Lina, Lamto Widodo, dan Wendy, 2012, Usulan Penjadwalan Job dengan Metode Campbell, Dudek, and Smith (CDS) dan Metode Nawaz, Enscore, and Ham (NEH) untuk Meminimasi Makespan Proses Stamping Part Isuzu di Line B PT XYZ, *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer Universitas Tarumanagara*, Vol. 02 No. 05, Jan – Mar 2013.



## **Pengukuran Kinerja *Supply Chain Collaboration* pada PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk.**

**Naniek Utami Handayani, Hannisa Okitasari**

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Tembalang, Semarang, 50275  
024-7460052  
E-mail: naniekh@ft.undip.ac.id

### **Intisari**

*PT Krakatau Steel (Persero) Tbk merupakan perusahaan baja terbesar di Indonesia yang memiliki kapasitas produksi baja kasar sebesar 2,45 juta ton per tahun. Produk yang dihasilkan perusahaan ini adalah Hot Rolled Coil, Cold Rolled Coil, dan Wire Rod. Beberapa permasalahan yang terjadi yakni fluktuasi volume penjualan beberapa produk, 32 perusahaan dari 53 mitra kerjasama belum memiliki kontrak kerjasama resmi, durasi kerjasama pendek (banyak mitra kerjasama yang durasi kerjasamanya berada dibawah 3 tahun), dan Process Rejection Report (PRR) terjadi minimal satu kali per bulan. Disisi lain, pengukuran kinerja Supply Chain Collaboration belum dilakukan. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengukuran kinerja Supply Chain Collaboration. Penelitian ini menggunakan penyelesaian matematis untuk pengukuran kinerja Supply Chain Collaboration. Berdasarkan hasil perhitungan, faktor kinerja yang paling rendah adalah Information Sharing (IS). Hal ini karena ratio nilai Information Sharing (IS) dibanding dengan nilai non financial performance perusahaan per tahun hanya sebesar 0,40 % dari 100%. Nilai Information Sharing (IS) ini menunjukkan nilai forecasting accuracy di perusahaan tersebut masih sangat rendah. Langkah yang perlu dilakukan dalam meningkatkan information sharing adalah dengan kemudahan akses data, dan peningkatan teknologi yang mendukung kelancaran serta kemudahan pertukaran informasi.*

*Kata Kunci: supply chain, collaboration, performance measurement*

### **1. Pendahuluan**

Salah satu pendekatan dalam upaya peningkatan profit suatu industri adalah dengan mengoptimalkan *Supply Chain Management* yang diterapkan pada industri tersebut. *Supply Chain Management* (SCM) mengatur dan mengelola seluruh proses kegiatan jaringan pasok dari pemasok melalui produsen, pengecer/pengepul sampai pengguna akhir (Christopher, 1998). Perkembangan SCM semakin pesat hingga ditemukannya kebutuhan pengembangan *Supply Chain Collaboration* (SCC) sebagai salah satu elemen SCM yang mampu membantu untuk meningkatkan kinerja *stakeholders* dalam kerangka yang terstruktur dengan tujuan memaksimalkan keuntungan melalui peningkatan layanan logistik (Stank dkk., 2001).

Penelitian terdahulu menyatakan manfaat dan hambatan implementasi SCC. Kolaborasi antar *stakeholders* dalam SCM merupakan topic yang berkembang sangat pesat dikalangan praktisi dan peneliti (Barratt & Oliveira, 2001). Empat profil utama SCC adalah efisiensi, sinergis, *underating* dan *prospective collaboration*. Tiga indeks kinerja SCC sinkronisasi dalam pengambilan keputusan, keselarasan dalam pemberian insentif, dan berbagi informasi. Guna memaksimalkan manfaat SCC, setiap *stakeholders* berbagi informasi (data) dan secara kolektif meramalkan permintaan untuk efektifitas dan efisiensi proses produksi (Aviv, 2001, 2007). SCC membantu meningkatkan kinerja *stakeholders* dalam kerangka yang terstruktur dengan tujuan memaksimalkan keuntungan melalui peningkatan layanan logistik (Stank, dkk., 2001). Dari



telaah terhadap penelitian terdahulu, sebagian besar peneliti lebih berfokus pada identifikasi lingkungan yang sesuai dalam mendukung kolaborasi antar pelaku *Supply Chain*, bukan pada bagaimana mengukur kinerja SCC.

PT Krakatau Steel (Persero) Tbk merupakan perusahaan baja terbesar di Indonesia. BUMN yang berlokasi di Cilegon-Banten ini berdiri pada tanggal 31 Agustus 1970. Saat ini, PT Krakatau Steel (Persero) Tbk memiliki kapasitas produksi baja kasar sebesar 2,45 juta ton per tahun, dan didukung oleh sepuluh anak perusahaan. Produk yang dihasilkan adalah baja lembaran panas (*Hot Rolled Coil*), baja lembaran dingin (*Cold Rolled Coil*), dan baja batang kawat (*Wire Rod*). Produk tersebut pada umumnya merupakan bahan baku untuk industri lanjutannya.

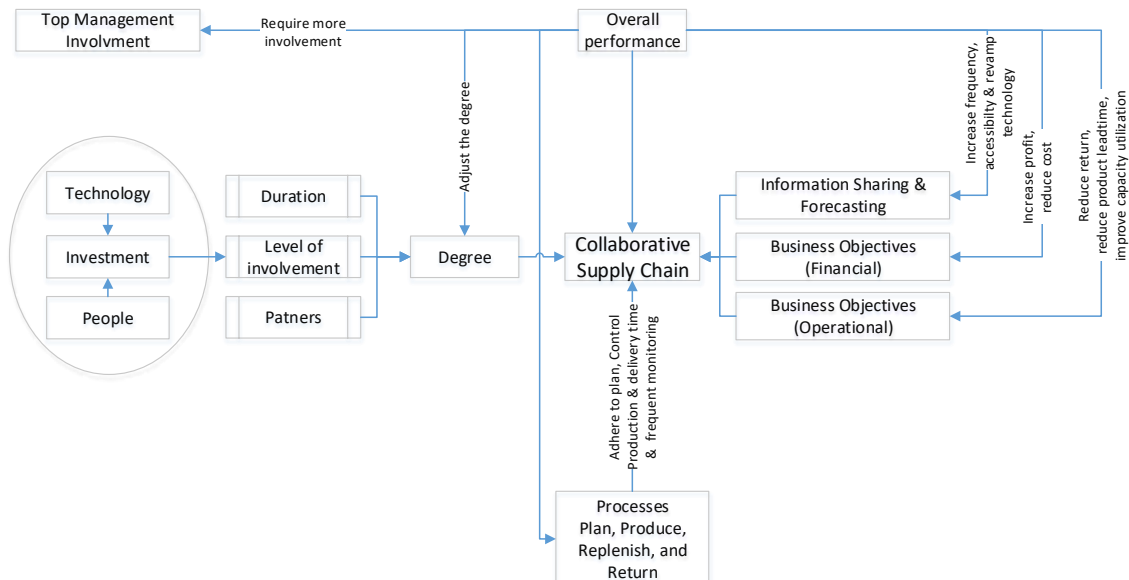
Berdasarkan survei pendahuluan, PT Krakatau Steel mengalami beberapa permasalahan yakni fluktuasi volume penjualan, 32 perusahaan dari 53 mitra kerjasama belum memiliki kontrak kerjasama resmi, durasi kerjasama yang terjalin tergolong pendek (dengan durasi kerjasama dibawah 3 tahun), dan *Process Rejection Report* (PRR) terjadi minimal satu kali setiap bulan. Disisi lain, perusahaan tersebut belum melakukan pengukuran kinerja *Supply Chain Collaboration* (SCC), sehingga belum dapat mengetahui tingkat kinerja SCC yang diterapkan selama ini. Dengan demikian, untuk mengetahui kinerja SCC perlu dilakukan pengukuran sebagai dasar penyusunan rekomendasi untuk perbaikan faktor-faktor kinerja SCC yang memiliki nilai rendah. Hal ini diharapkan dapat membantu PT. Krakatau Steel (Persero) untuk meningkatkan volume penjualan, hubungan serta durasi kerjasama dengan mitra, serta mampu meminimasi terjadinya *Process Rejection Report* (PRR).

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengukuran kinerja *Supply Chain Collaboration* pada PT. Krakatau Steel (Persero) Tbk. melalui tahapan identifikasi faktor-faktor kinerja SCC, dan berdasarkan hasil pengukuran akan disusun rekomendasi untuk meningkatkan kinerja SCC.

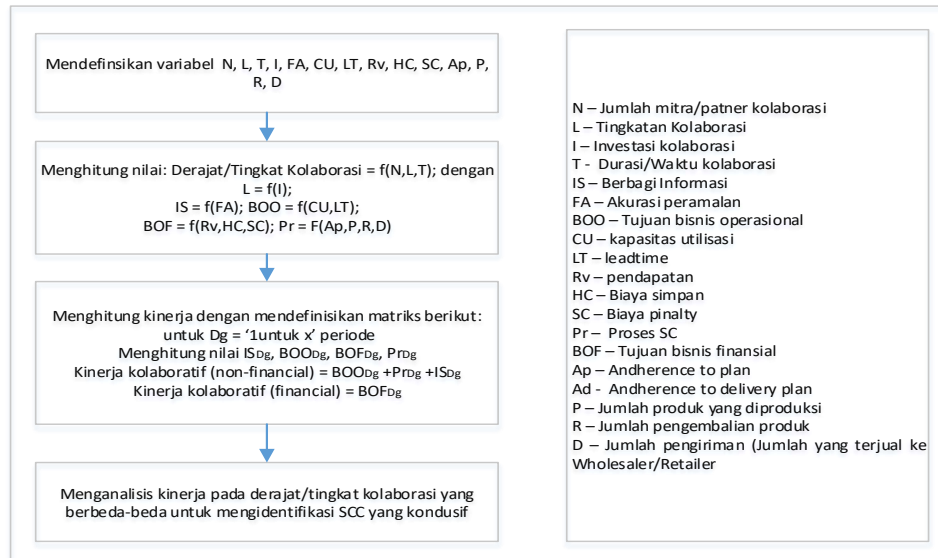
## 2. Metodologi

### Model Konseptual

Model konseptual yang digunakan dalam penyelesaian permasalahan pada penelitian ini merujuk pada Ramanathan (2013). Model konseptual penilaian kinerja SCC disajikan pada Gambar 1. Sedangkan, *framework* penilaian kinerja SCC disajikan pada Gambar 2.



Gambar 1 Model Konseptual Penelitian



Gambar 2 *Framework* Variabel Penelitian

Konsep SCC bertujuan untuk meningkatkan kinerja *stakeholders* dalam kerangka yang terstruktur dengan tujuan memaksimalkan keuntungan melalui peningkatan layanan logistik (Stank, dkk., 2001). Pengukuran kinerja SCC mempertimbangkan lima faktor kolaborasi yaitu *Business Objectives-Financial (BOF)*, *Business Objectives-Operational (BOO)*, *Supply Chain Process*, *Information Sharing*, dan *Degree of Collaboration* (Ramanathan, 2013). Penjelasan terkait lima faktor penilaian kinerja Supply Chain Collaboration, disajikan sebagai berikut.

a. *Business objectives-Financial (BOF)*

Pendapatan penjualan dan biaya yang terlibat dalam produksi akan digunakan untuk mengukur tujuan bisnis keuangan. Secara umum, biaya keuangan melibatkan biaya tetap dan biaya variabel, dimana biaya variabel terdiri dari biaya produksi, *stock out atau holding cost*. Biaya variabel lain yang tidak tampak tidak dimasukkan dalam perhitungan. Formulasi dari parameter ini disajikan pada persamaan 1.

$$BOF = \sum_{j=0}^T \left( \frac{[(D_j - R_j) \times SP] - [P_j - PC] - OC_j}{Biaya\ Total} \right) \quad (1)$$

Dimana:

$$OC = \begin{cases} HC = (I + R - D) \times HC, I \geq D \\ SC = (D - I + R) \times SC, I < D \end{cases}$$

Keterangan:

- BOF = Tujuan bisnis finansial
- D = Jumlah Pengiriman (Jumlah yang terjual ke retailer)
- R = Jumlah pengembalian produk
- SP = Harga Jual
- P = Jumlah produk yang diproduksi
- PC = Biaya produksi
- OC = Biaya lainnya
- HC = *Holding cost*
- SC = *Stock-out cost*

b. *Business Objectives-Operational (BOO)*

Peningkatan kinerja bisnis melalui SCC dapat membantu untuk menarik dan mempertahankan pelanggan. Formulasi dari parameter ini disajikan pada persamaan 2.

$$BOO = CU \times RR \times AP \times 100\%$$



Dimana:

$$CU = \frac{PC \times (P_{n,n} - \mu)^2}{PC \times P} = \frac{(P_{n,n} - \mu)^2}{P} \quad (2)$$

$$RR = 1 - \frac{R}{D}$$

$$AP = 1 - \frac{PP_{nj}}{P_{n,n+j}}$$

$$PP_{nj} = \begin{cases} P_{n,n+j} & 0 \leq j < T \\ P_{n,n+T} - \mu & j = T \end{cases}$$

Keterangan:

BOO = Tujuan bisnis operasional

CU = Kapasitas utilisasi/produksi

RR = Rentang pengembalian

AP = Perencanaan produksi

PC = Biaya Produksi

P = Jumlah produk yang diproduksi

$P_{n,n}$  = Batch produksi yang disarankan untuk n periode berikutnya

$\mu$  = Rata-rata ukuran/jumlah produksi

R = Jumlah pengembalian produk

D = Jumlah Pengiriman (Jumlah yang terjual ke retailer)

$PP_{nj}$  = Perencanaan produksi pada periode n ke periode j

c. *Supply Chain Process*

Kinerja proses kolaboratif adalah ukuran kolektif fungsi biaya kepatuhan untuk merencanakan dan biaya persediaan. Formulasi dari parameter ini disajikan pada persamaan 3.

$$SC \text{ proses} = Average \left( \frac{\sum_{j=0}^T C_{APj} \times (PP_{nj})^2}{Biaya \text{ produksi}} + \frac{\sum_{j=0}^T (I+R-D)_j \times HC}{Variable \text{ cost}} \right) \quad (3)$$

Dimana:

$$PP_{nj} = \begin{cases} P_{n,n+j} & 0 \leq j < T \\ P_{n,n+T} - \mu & j = T \end{cases}$$

$$C_{AP}(PP_n) = \frac{\sum_{j=0}^T C_{AP.j} (PP_{n.j})^2}{Production \text{ cost}}$$

$$HC = (I + R - D) \times HC, I \geq D$$

Keterangan:

R = Jumlah pengembalian produk

D = Jumlah Pengiriman (Jumlah yang terjual ke retailer)

I = Inventori/persediaan saat ini

HC = unit *holding cost*

d. *Degree of Collaboration*

Tingkat SCC didefinisikan dalam hal jumlah mitra kolaborasi, jumlah tahun, dan investasi pada usaha kolaboratif. Formulasi dari parameter ini disajikan pada persamaan 4.

$$Degree = \frac{Jumlah \text{ mitra SCC}}{Jumlah \text{ anggota SC}} \times \frac{durasi \text{ kolaborasi}}{durasi \text{ bisnis}} \times level \text{ of involvement} \quad (4)$$



Dimana:

$$\text{Level of involvement} = \frac{\text{Investasi kolaborasi pelatihan \& teknologi per tahun}}{\text{Total investasi pelatihan \& teknologi per tahun}}$$

e. *Information Sharing*

Efektivitas berbagi informasi pada SCC akan tercermin dalam akurasi peramalan (FA) (Ramanathan, 2012) dari tuntutan produk (Ramanathan dan Muyldermans, 2010). Formulasi dari parameter ini disajikan pada persamaan 5.

$$FA \text{ total} = \left\{ 1 - \sum_{j=0}^T \frac{\left( \frac{\text{abs}|AD_j - FD_j|}{AD_j} \right) + \left( \frac{\text{abs}|AR_j - FR_j|}{AR_j} \right)}{2} \right\} \times 100$$

(5)

Keterangan:

- FA = *Forecasting Accuracy*
- FE = *Forecasting Error*
- FD = Demand yang diharapkan
- AD = Demand Aktual
- FR = Pengembalian yang diharapkan
- AR = Pengembalian Aktual
- j = periode SCC

Pengukuran tingkat kolaborasi berdasarkan tingkat keterlibatan; panjang kolaborasi (periode) dan jumlah mitra. Dampak perubahan di tingkat kolaborasi akan diidentifikasi dalam akurasi peramalan, tujuan bisnis, dan proses. Kinerja keseluruhan SCC dihitung sebagai jumlah dari kinerja individu dalam hal BOO, BOF, akurasi peramalan, dan proses di berbagai tingkat kolaborasi.

3. Hasil dan Pembahasan

a. *Business objectives-Financial (BOF)*

Tabel 2 Perhitungan BOF

Komponen data/Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jumlah	Rata-rata
Jumlah pengiriman	192	145	192	181	188	180	166	165	150	168	182	184	2.097,7	174,81
Jumlah pengembalian produk	229	203	229	227	229	227	229	228	217	220	220	228	2.687	224
Harga Jual	295	295	310	310	305	295	285	255	245	245	238	225	3.303	275
Jumlah produk yg diproduksi	188	175	183	198	191	189	188	181	165	183	93,5	184	2.122,8	176,90
Biaya produksi	764	268	762	176	044	908	256	002	044	654	28	446	51	4
Fix cost	293	293	309	314	303	288	278	246	236	236	231	215	3.243	270
Variable cost	296	296	312	317	306	291	280	249	239	239	233	218	3.275	273
Biaya holding cost/stockout cost	293	293	309	314	303	288	278	246	236	236	231	215	3.243	270
Biaya holding cost/stockout cost	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	32	3

Perhitungan menggunakan asumsi bahwa nilai *holding cost / stockout cost* sebesar 1% *variable cost*. Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

Nilai BOF Periode 1 :

$$BOF = \sum_{j=0}^T \left( \frac{[(192.641 - 229) \times 295] - [188.764 - 293] - 3}{296 + 293} \right) = 96.031$$



Nilai BOF per tahun :

$$BOF = \sum_{j=0}^T \left( \frac{[(2.097.766 - 2.489) \times 275] - [2.122.851 - 3.243] - 32}{3.275 + 3.243} \right) = 1.059.143$$

Nilai rata – rata *Business Objectives-Financial* (BOF) per bulan adalah 88.262 dan nilai BOF per tahun adalah 1.059.143. Nilai tersebut dipengaruhi oleh jumlah pengiriman, jumlah pengembalian produk, harga jual, jumlah produk yang diproduksi, biaya produksi, *fix cost*, *variable cost*, dan biaya *holding cost/stockout cost*. Nilai BOF tidak memiliki batas atas maupun batas bawah sehingga sangat tergantung dari upaya perusahaan tersebut dalam mencapai tujuan finansial perusahaan, dalam hal ini pencapaian profit perusahaan sesuai targetan yang sudah ditentukan dengan mempertimbangkan kapasitas dan fasilitas yang dimiliki. Peningkatan jumlah pengembalian produk, biaya produksi, *fix cost* dan *variable cost* akan semakin menurunkan nilai BOF. Nilai BOF per tahun sebesar 1.059.143 menunjukkan nilai yang tinggi yang mengindikasikan tercapainya tujuan finansial dari perusahaan dan kuatnya faktor BOF dalam proporsi nilai kinerja finansial maupun nilai total kinerja SCC.

b. *Business Objectives-Operational* (BOO)

Tabel 3 Perhitungan BOO

Komponen data/Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jumlah	Rata-rata
Jumlah produk yg diproduksi	188.	175.	183.	198.	191.	189.	188.	181.	165.	183.	93.5	184.	2.122.851	176.904
Jumlah pengembalian produk	229	203	229	227	229	227	229	228	217	220	220	228	2.687	224
Jumlah pengiriman	192.	145.	192.	181.	188.	180.	166.	165.	150.	168.	182.	184.	2.097.766	174.814
Demand Aktual	198.	175.	198.	196.	198.	196.	198.	197.	187.	190.	190.	197.	2.320.000	193.333
Batch produksi yg disarankan	198.	175.	198.	196.	198.	196.	198.	197.	187.	190.	190.	197.	2.320.000	193.333

Perhitungan ini menggunakan asumsi bahwa nilai *Batch* produksi yang disarankan sama dengan nilai demand aktual. Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

Nilai BOO Periode 1:

$$BOO = \left( \frac{(198.000 - 176.904)^2}{188.764} \right) \times \left( 1 - \frac{229}{192.641} \right) \times \left( 1 - \frac{188.764}{198.000 + 175.000} \right) = 1.163$$

Nilai BOO Periode 2:

$$BOO = \left( \frac{(175.000 - 176.904)^2}{175.268} \right) \times \left( 1 - \frac{203}{145.336} \right) \times \left( 1 - \frac{175.268}{175.000 + 198.000} \right) = 11$$

1. Nilai rata – rata *Business Objectives - Operational* (BOO) per bulan adalah 947 dan nilai BOO per tahun adalah 11.364. Nilai tersebut dipengaruhi oleh jumlah produksi, jumlah pengembalian produk, jumlah pengiriman, demand aktual, batch produksi yang disarankan. Jumlah batch produksi yang disarankan pada periode selanjutnya sama dengan jumlah demand aktual. Hal ini karena perusahaan melakukan proses produksi berorientasi pada pemenuhan demand aktual. Peningkatan batch produksi yang disarankan pada periode selanjutnya dan peningkatan jumlah pengiriman akan semakin meningkatkan nilai BOO. Nilai BOO per tahun sebesar 11.364 menunjukkan nilai yang cukup baik yang mengindikasikan hampir tercapainya tujuan operational dari perusahaan dan cukup kuatnya faktor BOO dalam proporsi nilai kinerja non finansial. Akan tetapi nilai BOO masih cukup rendah dalam proporsi nilai total kinerja SCC.





2. Supply Chain Process

Tabel 4 Perhitungan SCP

Komponen data/Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jumlah	Rata-rata
Jumlah inventory	387	373	418	366	305	246	171	145	66.1	97.2	157	172	2.908,6	242,39
Jumlah pengembalian produk	229	203	229	227	229	227	229	228	217	220	220	228	2.687	224
Jumlah pengiriman	192	145	192	181	188	180	166	185	150	181	182	184	2.097,7	174,81
Biaya produksi	293	293	309	314	303	288	278	246	236	236	231	215	3.243	270
Variable cost	293	293	309	314	303	288	278	246	236	236	231	215	3.243	270
Holding cost	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	33	3
Biaya yang direncanakan	648	648	682	694	671	637	614	543	322	322	311	476	7.170	1.103

Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

Nilai SC Proses periode 1:

$$SC \text{ proses} = Average \left( \frac{\sum_{j=0}^T 648 \times (293)^2}{293} + \frac{\sum_{j=0}^T (387.069 + 229 - 192.641) \times 3}{293} \right) = 2.595$$

Nilai SC Proses per tahun:

$$SC \text{ proses} = Average \left( \frac{\sum_{j=0}^T 7.170 \times (3.243)^2}{3.243} + \frac{\sum_{j=0}^T (2.908.684 + 2.489 - 2.097.766) \times 32}{3.243} \right) = 15.306$$

Nilai rata-rata *Supply Chain Process* (SCP) per bulan yakni 1.275 dan nilai SCP per tahun yakni 15.306. Nilai tersebut diperoleh dengan mempertimbangkan jumlah inventori, jumlah pengembalian produk, jumlah pengiriman, biaya produksi, *variable cost*, *holding cost*, dan biaya yang direncanakan. Peningkatan biaya produksi dan peningkatan *variable cost* akan semakin menurunkan SCP. Hal ini terjadi karena peningkatan biaya produksi dan peningkatan *variable cost* berdampak pada meningkatnya biaya yang harus dikeluarkan perusahaan dan menurunnya kemampuan produksi perusahaan. Nilai SCP per tahun sebesar 15.306 menunjukkan nilai yang cukup baik yang mengindikasikan hampir tercapainya proses *supply chain* yang semestinya dicapai perusahaan. Selain itu, nilai tersebut juga menunjukkan dan cukup kuatnya faktor SCP dalam proporsi nilai kinerja non financial. Akan tetapi nilai SCP masih cukup rendah dalam proporsi nilai total kinerja SCC.

c. Information Sharing

Tabel 5 Perhitungan IF

Komponen data/Bulan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Jumlah	Rata-rata
Demand aktual	198	175	198	196	198	196	198	197	187	190	190	197	2.320,00	193,33
Demand yang diharapkan	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	000	0	3
Jumlah pengembalian produk	229	203	229	227	229	227	229	228	217	220	220	228	2.687	224
Estimasi pengembalian produk	4,93	3,52	4,78	4,23	3,85	4,53	5,64	6,00	4,42	5,24	2,92	5,40	55,514	4,626

Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

Nilai *Information Sharing* periode 1:

$$FA \text{ total} = \left\{ 1 - \frac{\sum_{j=0}^T \left( \frac{abs|198.000 - 190.333|}{198.000} \right) + \left( \frac{abs|229 - 4.932|}{229} \right)}{2} \right\} \times 100 = 9$$



Nilai Information Sharing per tahun

$$FA\ total = \left\{ 1 - \frac{\sum_{j=0}^T \left( \frac{abs|2.320.000 - 2.325.500|}{2.320.000} \right) + \left( \frac{abs|2.489 - 55.514|}{2.489} \right)}{2} \right\} \times 100 = 106$$

Nilai rata-rata *Information Sharing* (IS) per bulan yakni 9 dan nilai IS per tahun yakni 106. Nilai IS menunjukkan nilai akurasi dari peramalan yang dilakukan perusahaan. Nilai forecasting accuracy dipengaruhi oleh demand aktual, demand yang diharapkan, jumlah pengembalian produk, dan estimasi pengembalian produk. Nilai IS per tahun sebesar 106 menunjukkan nilai yang sangat rendah yang mengindikasikan belum optimalnya IS yang diterapkan perusahaan. Hal ini menunjukkan tingkat keakuratan peramalan yang dilakukan perusahaan masih sangat rendah. Hal ini mengindikasikan masih terjadinya *bullwhip effect* yang menjadikan informasi yang didapat kurang akurat yang selanjutnya akan mempengaruhi akurasi peramalan yang dilakukan. Nilai IS dalam proporsi nilai kinerja non financial dan proporsi nilai total kinerja SCC adalah yang terendah.

d. *Degree of Collaboration*

Tabel 6 Perhitungan DC

Komponen data	Jumlah	Rata-rata
Jumlah mitra <i>Supply Chain Collaboration</i>	21	1,75
Jumlah anggota <i>Supply Chain</i>	53	4,42
Durasi mitra <i>Supply Chain Collaboration</i>	208	17,33
Durasi anggota <i>Supply Chain</i>	250	20,83
Investasi pelatihan dan teknologi total	29,46	2,45
investasi pelatihan dan teknologi <i>Supply Chain Collaboration</i>	0,10	0,01

Perhitungan ini menggunakan asumsi bahwa investasi pelatihan dan teknologi total = 5% dari biaya total (*variable cost* dan *fixed cost*), sedangkan investasi pelatihan dan teknologi *Supply Chain Collaboration* = 1/3 dari investasi pelatihan dan teknologi total. Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

Nilai *Degree of Collaboration* per bulan:

$$Degree = \frac{1,75}{4,42} \times \frac{17,33}{20,83} \times \frac{0,01}{2,45} = 8,24$$

Nilai *Degree of Collaboration* per tahun:

$$Degree = \frac{21}{53} \times \frac{208}{250} \times \frac{0,10}{29,46} = 98,90$$

*Degree of Collaboration* (DOC) rata-rata per bulan yakni 8,24 dan nilai DOC per tahun yakni 98,90. Nilai tersebut dipengaruhi oleh jumlah mitra SCC, jumlah anggota SC, durasi mitra SCC, durasi SC, investasi total pelatihan dan teknologi, dan investasi total pelatihan dan teknologi SCC. Peningkatan jumlah mitra SCC, durasi mitra SCC, dan investasi total pelatihan dan teknologi SCC berdampak pada peningkatan dari nilai DOC. Sedangkan peningkatan jumlah anggota SC, durasi SC, dan investasi total pelatihan dan teknologi akan berdampak pada penurunan dari nilai DOC. Nilai DOC per tahun sebesar 98,90 menunjukkan nilai yang baik yang mengindikasikan DO yang diterapkan perusahaan sudah baik. Hal inilah yang menjadikan nilai total kinerja SCC berdasarkan nilai *Business Objectives-Financial* (BOF), *Business Objectives-Operational* (BOO), *Supply Chain Process* (SCP), dan *Information Sharing* (IS) pada kondisi *Degree of Collaboration* (DOC) perusahaan saat ini tergolong cukup baik.



e. *Performance of Supply Chain Collaboration*

Tabel 7 Perhitungan Performance SCC

Periode	Nilai BOF	nilai BOO	Nilai SC Process	Nilai IS
1	96.031	1.163	2.595	9
2	72.379	11	2.933	7
3	95.859	1.291	2.945	9
4	88.546	913	2.547	8
5	93.734	1.198	1.841	7
6	91.328	993	1.303	9
7	84.600	1.236	667	11
8	84.542	1.178	355	12
9	77.241	347	-320	9
10	86.611	482	-191	10
11	92.874	1.389	268	5
12	95.398	1.163	361	10

Tabel 8 Perhitungan Performance SCC per elemen

Elemen Performance of SCC	Nilai per tahun
Nilai BOF	1.059.143
Nilai BOO	11.364
Nilai SC Process	15.306
Nilai IS	106
<i>Degree of Collaboration</i>	98,90

Formula:

$$\text{Financial Performance} = \text{nilai BOF}$$

$$\text{Non Financial Performance} = \text{nilai BOO} + \text{nilai SC Process} + \text{nilai IS}$$

Adapun contoh perhitungan sebagai berikut.

Nilai Performance pada periode 1

$$\text{Financial Performance} = 96.031$$

$$\text{Non Financial Performance} = 1.163 + 2.595 + 9 = 3.767$$

$$\text{Total Performance} = 96.031 + 3.826 = 99.798$$

Nilai Performance per tahun

$$\text{Financial Performance} = 96.031 + 72.379 + \dots + 95.398 = 1.059.245$$

$$\text{Non Financial Performance} = 3.767 + 2.952 + \dots + 1.535 = 26.509$$

$$\text{Total Performance} = 1.059.245 + 26.509 = 1.085.754$$

Nilai total kinerja *Supply Chain Collaboration* (SCC) per bulan sebesar 90.493 dan per tahun sebesar 1.085.918 menunjukkan nilai yang cukup baik. Nilai kinerja SCC dapat lebih tinggi jika dilakukan peningkatan pada faktor yang nilainya masih rendah yaitu *Information Sharing* (IS). Rendahnya nilai IS diakibatkan nilai *forecasting accuracy* atau akurasi dari suatu peramalan di perusahaan tersebut masih sangat rendah. Peningkatan *sharing* informasi antar pelaku *Supply Chain* akan membantu meningkatkan akurasi peramalan dan peluang minimasi biaya.

Nilai BOO, *Supply Chain Process*, dan *Information Sharing* secara berurutan adalah 42,44%; 57,16%; dan 0,40%. Ratio nilai *Information Sharing* (IS) dengan nilai non financial performance perusahaan per tahun hanya sebesar 0,40 % dari 100% menunjukkan nilai *Information Sharing* (IS) yang sangat rendah. Usulan perbaikan untuk peningkatan IS adalah meningkatkan frekuensi pertukaran informasi dan kemudahan pertukaran informasi. Adapun langkah yang dapat dilakukan adalah kemudahan akses data dan peningkatan teknologi untuk mendukung kelancaran serta kemudahan pertukaran informasi. Selain itu, implementasi *Customer Relationship Management* (CRM), misalnya penggunaan aplikasi CRM berbasis teknologi *cloud computing* dapat dilakukan. Salah satu contoh CRM berbasis teknologi *cloud computing* adalah *Salesforce.com*.



#### 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dapat disimpulkan bahwa nilai *financial performance*, nilai *non financial performance*, dan nilai *Total Performance of Supply Chain Collaboration* per tahun secara berurutan sebesar 1.059.143; 26.775; dan 1.085.918. Ratio nilai *Information Sharing* (IS) dengan nilai *non financial performance* perusahaan per tahun hanya sebesar 0,40 % dari 100% menunjukkan bahwa faktor *Information Sharing* adalah faktor dengan nilai terendah sehingga perlu dilakukan perbaikan dengan cara meningkatkan kemudahan akses data, peningkatan teknologi untuk mendukung kelancaran serta kemudahan pertukaran informasi yang terjadi, serta penerapan *Customer Relationship Management* (CRM).

#### Daftar Pustaka

- Aviv, Y. (2001). *The effect of collaborative forecasting on supply chain performance*. *Management Science*, 47(10), 1326–1343.
- Aviv, Y. (2007). *On the benefits of collaborative forecasting partnerships between retailers and manufacturers*. *Management Science*, 53(5), 777–794.
- Barratt, M., & Oliveira, A. (2001). Exploring the experiences of collaborative planning initiatives. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 31(4), 266–289.
- Christopher, M. (1998). *Logistics and Supply Chain Management* (second ed.). Englewood Cliffs, NJ: Financial Times Press, Prentice Hall.
- Ramanathan, U., dan Muiyldermans, L. (2010). Identifying demand factors for promotional planning and forecasting: A case of a soft drink company in the UK. *International Journal of Production Economics*, 128(2), 538–545.
- Ramanathan, U. (2012). Supply chain collaboration for improved forecast accuracy of promotional sales. *International Journal of Operations and Production Management*, 32(6), 676–695.
- Ramanathan, U. (2013). Performance of supply chain collaboration – A simulation study. Elsevier – The. *International Journal of Expert Systems with Applications*, 41(2), 210–220.
- Stank, T. P., Keller, S. B., dan Daugherty, P. J. (2001). Supply chain collaboration and logistical service performance. *Journal of Business Logistics*, 22(1), 29–48.



## Identifikasi Dimensi Afektif Sebagai Indikator *Latent Needs* Dalam Pengembangan Produk Kerajinan Tangan

**Heru Prastawa, Ratna Purwaningsih, Zainal Fanani, Dini Hanifa Sari**

Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Telp. (024) 7460052

E-mail: heru.prastawa@gmail.com

### Intisari

*Pengembangan produk dalam rangka meningkatkan daya saing industri kreatif telah dilakukan secara terus menerus, mulai tahapan desain sampai pengemasan. Tahap desain sangat memegang peranan dalam meningkatkan tingkat penerimaan produk. Informasi sebanyak banyaknya berkaitan dengan keinginan konsumen baik yang bersifat eksplisit maupun tersembunyi (latent needs) sangat diperlukan. Dimensi afektif atau dimensi emotional yang merupakan salah satu bagian dari latent need, juga merupakan faktor yang sangat penting dalam pengembangan produk. Penelitian ini bermaksud menggali keinginan konsumen yang bersifat tersembunyi/latent sebagai informasi awal penyusunan satu data base, yang pada akhirnya dapat dimanfaatkan untuk pengembangan produk khususnya produk industri kreatif. Metode yang diterapkan dalam penelitian ini adalah Kansei Engineering, dengan merumuskan kansei word khususnya dalam produk kerajinan tangan. Mengambil sampel produk kulit, anyaman dan rajut sulam. Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan maka disimpulkan bahwa dimensi afektif sebagai salah satu indikator latent need dapat diidentifikasi dari berbagai jenis produk kerajinan. Citra yang diinginkan pengguna ada yang bersifat umum, dan ada yang melekat pada jenis produk yang lebih spesifik. Informasi yang diperoleh berupa kumpulan kansei word atau dimensi afektif, dapat dijadikan ide awal untuk membangun data base yang dapat digunakan lebih lanjut dalam mengeksplorasi dimensi afektif.*

*Kata Kunci : Latent Needs, Dimensi Afektif, Kansei Engineering, Pengembangan Produk, Kerajinan Tangan*

### 1. Pendahuluan

Perubahan desain produk saat ini telah bergeser dari pendekatan berorientasi produksi, menjadi pendekatan yang berorientasi pemasaran, dan akhirnya ke pendekatan berorientasi kepada pelanggan (Hsiao et al., 2010). Keterlibatan pelanggan dalam proses desain tidak harus ditilik atas aspek minimisasi biaya, melainkan atas kesempatan untuk menciptakan nilai lebih. Dalam aspek ini, produksi kerajinan, produksi massal dan kustomisasi massal pada dasarnya menggambarkan strategi "desain-untuk-pelanggan (*design-to-customers*)", "desain-dari-pelanggan (*design-of-customers*)", dan "desain-dengan-pelanggan (*design-with-customers*)" (Zhou et al, 2013). Pengenalan mendalam terhadap para pelanggan akan sangat menentukan strategi tersebut. Produk-produk yang dihasilkan harus disesuaikan dengan rasa (*taste*) dan pilihan (*preferensi*) dari pelanggan. Hal ini dikenal sebagai *mass personalization*.

Desain lebih dalam dengan *mass personalization* akan menjelajahi potensi pasar dengan memanfaatkan fungsi produk dalam realisasi kebutuhan laten konsumen, terutama kebutuhan afektif dan kognitif (Zhou et al. 2011b), berdasarkan pada profil pelanggan, pola perilaku interaktif, kondisi afektif dan kognitif, selera pribadi dan preferensi estetika, dll. Montgomery dan Smith (2009) membuat perbedaan antara personalisasi sebagai kegiatan yang digagas produsen untuk memenuhi kebutuhan laten pelanggan, dan kustomisasi, sebagai kegiatan yang diprakarsai



pelanggan untuk memenuhi kebutuhan dengan kesadaran diri. Selanjutnya, kebutuhan laten pengguna cenderung berdasarkan andil dari pengalaman pengguna terhadap siklus hidup produk.

Respons emosional terhadap disain produk didorong oleh pemasaran. Konsumen tertarik untuk membeli produk karena kebutuhan emosi dari pengguna diaktifkan selama proses pembelian. Produk dan jasa memiliki daya tarik yang besar jika mereka dirancang secara menarik untuk memuaskan kebutuhan emosional dari pelanggan (Hartono & Peacock, 2012).

Dalam mengenali pelanggan, dapat digunakan beragam cara. Salah satu cara yang paling manusiawi adalah dengan wawancara yang bebas dari pilihan semacam di angket. Dengan demikian justru akan muncul variable-variabel yang semula belum diperhitungkan. Untuk mengolah data dari wawancara terbuka tersebut, Data mining adalah alat yang tepat, karena dapat mengenali pola dari data base yang sangat besar, dan belum terstruktur rapi yang dihasilkan oleh konsumen (Lau et al., 2005). Teknik ini tepat untuk mengeksplorasi pola, tren dan fitur yang signifikan tentang topik spesifik di dataset besar dan telah menjadi teknik penting untuk penelitian produk jasa (Turban et al., 2010).

Penelitian yang akan dilakukan ini bermaksud mengembangkan desain dengan memanfaatkan suara konsumen, terutama yang belum tertangkap dengan menggunakan metode QFD konvensional. Secara konseptual, integrasi *Kansei Engineering-Data mining* diharapkan akan mengisi 'gap' yang selama ini belum dikaji peneliti dan secara praktis dapat menghasilkan desain produk yang mengambil manfaat konsep *Kansei word* dari aspek afektif serta menggunakan *Data Mining* dalam mengambil keputusan desain dari data keinginan yang terseleksi.

Dari latar belakang yang ada, maka dapat dirumuskan tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi dimensi afektif sebagai indikator latent need pada produk kerajinan tangan untuk meningkatkan daya saing.

## 2. Metodologi

Penelitian dimulai dengan survei awal untuk mendapatkan informasi awal sehubungan dengan kegiatan pengembangan produk di UKM kerajinan tangan di Kota Semarang. Tahap berikutnya menentukan mekanisme survei dengan membuat kusioner. Kuisisioner akan diberikan kepada responden yang digunakan untuk melihat kesan atau perasaan atau emosi responden terhadap produk kerajinan tangan berbasis kulit, rotan, dan tekstil. Kuisisioner ini menggunakan *semantic differential* untuk menunjukkan perasaan responden. Menurut Osgood (1957), metode *semantic differential* merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan dalam suatu penelitian.

Pengujian dengan menggunakan *semantic differential* ini dilakukan dengan cara memberi nilai pada 7 skala disetiap kata *Kansei* yang telah didapatkan sebelumnya. Penyebaran kuisisioner ditujukan kepada responden yang telah distratifikasi mewakili pelaku usaha, pengguna, desainer dan dinas terkait. Setelah dilakukan perekapan dan pengolahan, dilakukan tahap analisa sehingga diperoleh beberapa pola-pola dan kecenderungan yang dapat dijadikan dasar untuk pengembangan produk.

## 3. Hasil dan Pembahasan

### 3.1. Penentuan Kansei Word

*Kansei Word* dapat berupa kata sifat, kata benda, kata kerja dan terkadang kalimat seperti cantik, elegan, premium, cerdas, sederhana, besar, merah, biru, kotak, mudah digunakan, dan lainnya (Nagamachi, 2011). Pada penelitian ini untuk menentukan *Kansei Word* diambil dari beberapa sumber jurnal internasional.

Tabel 3 Spesifikasi Kata Kansei dan Definisi Operasional

Kansei Word	Definisi Operasional	Sumber
Gloomy	Berwarna gelap	Hsu, 2000
Bright	Berwarna terang	



Kansei Word	Definisi Operasional	Sumber	
Plain	Berwarna lembut	Yang, 2012	
Gaudy	Berwarna mencolok		
Colorless	Berwarna tunggal (satu warna)	Hsu, et al., 2000	
Colorful	Berwarna warni (banyak warna)		
Hard	Bertekstur keras		
Soft	Bertekstur halus		
Handy	Produk ringan dipakai		
Heavy	Produk berat dipakai		
Traditional	Disain memiliki unsur kuno		
Modern	Disain memiliki unsur modern		
Comfortable	Nyaman dipakai		Bradley and Lang, 1994
Uncomfortable	Tidak nyaman dipakai		
Simple	Disain tidak rumit	Hsu, et al., 2000	
Complicated	Disain rumit		
Childish	Disain bersifat kekanak – kanakan		
Mature	Disain bersifat dewasa		
Inelegant	Disain terlihat tidak anggun		
Elegant	Disain terlihat anggun		
Masculine	Disain bersifat kelaki – lakian		
Feminine	Disain bersifat kewanitaan		
Compact	Produk berbahan kuat		
Heavy	Produk berbahan berat		
Cosy	Disain nyaman		Lin, et. al, 2013 Kongprasert, N., et al., 2009
Functional	Disain memiliki banyak fungsi		
Classic	Disain bersifat klasik		
Trendy	Disain menyesuaikan perkembangan zaman		
Unfashionable	Disain tidak sesuai mode		
Fashionable	Disain sesuai mode		
Common	Disain bersifat umum		
Unique	Disain bersifat unik (langka)		
Rough	Disain tidak rapi		
Delicate	Disain rapi		
Splendid	Disain bersifat megah		
Plain	Disain bersifat biasa		
Deco	Disain dekoratif		
Practical	Disain sesuai dengan penggunaan sebenarnya	Hsu, et al., 2000	
Rational	Disain dengan rasa yang baik/ tenang		
Emotional	Disain yang menarik		

### 3.2. Studi Kasus Produk Kerajinan Tangan

Produk kerajinan tangan yang dijadikan obyek penelitian dibatasi hanya pada kelompok kerajinan tangan berbasis kulit, berbasis rotan dan tas rajut dan sulam. Pemilihan terhadap UKM di Semarang mengacu daftar yang dikeluarkan Dinas Koperasi dan UKM Kota Semarang. Dimensi afektif yang diidentifikasi termasuk dalam *latent need*, dibedakan menjadi 4 kelompok. Kelompok pertama adalah yang berlaku secara umum, dalam artian yang berlaku baik di kerajinan kulit, rotan dan rajutan, kemudian kelompok lainnya adalah citra atau kesan yang muncul hanya pada produk dengan bahan kulit, rotan maupun benang/rajutan saja.

Responden yang dipilih dalam penelitian ini berjumlah 50 orang, dengan karakteristik responden seperti ditunjukkan dalam Tabel 2





Tabel 2 Karakteristik Responden Produk Kerajinan Tangan

Karakteristik		Jumlah	Persentase
Umur	19 – 39 (Generasi Y)	35	70%
	40 – 51 (Generari X)	15	30%
Pendidikan Terakhir	SMA/ Sederajat	17	34%
	Akademi/ Diploma	10	20%
	Sarjana/ S1	21	42%
	Pasca Sarjana/ S2	2	4%
Pekerjaan	Pegawai Negeri	1	2%
	Wiraswasta	20	40%
	Karyawan Swasta	6	12%
	Pelajar/ Mahasiswa	19	38%
	Lain - lain	4	8%

### 3.3 Pengolahan Data

#### 3.3.1 Uji Validitas

Uji validitas ini menggunakan uji dua sisi dengan taraf signifikansi 0,05. Kriteria pengujian sebagai berikut :

- Jika  $r \text{ hitung} \geq r \text{ tabel}$  (uji 2 sisi dengan sig. 0,05) maka item – item pertanyaan berkorelasi dengan skor total (dinyatakan valid).
- Jika  $r \text{ hitung} \leq r \text{ tabel}$  (uji 2 sisi dengan sig. 0,05) maka item – item pertanyaan tidak berkorelasi dengan skor total (dinyatakan tidak valid).

Uji validitas ini dilakukan dengan menggunakan *software* SPSS 16 dan diujikan terhadap 50 responden. Nilai  $r$  tabel berdasarkan distribusi nilai  $r$  tabel untuk jumlah responden sebanyak 50 senilai 0,273.

#### 3.3.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas digunakan untuk menetapkan apakah item dalam suatu kuesioner dapat digunakan lebih dari satu kali, paling tidak oleh responden yang sama dan akan menghasilkan data yang konsisten. Reliabilitas merupakan ciri dari tingkat konsistensi dan kemandapan.

Uji reliabilitas menggunakan koefisien *Cronbach Alpha*. Jika nilai  $\alpha \geq 0,7$  maka reliabilitas mencukupi, jika nilai  $\alpha > 0,9$  maka seluruh item reliabel dan seluruh tes secara konsisten memiliki reliabilitas yang kuat, sedangkan jika nilai  $\alpha < 0,7$  maka tidak reliabel. Hasil dari uji reliabilitas dengan menggunakan *Software* SPSS sebagai berikut :

Tabel 3 Data Hasil Uji Reliabilitas

Preferensi	Cronbach's Alpha	Keterangan
Umum	0,756	Reliabel
Kulit	0,712	Reliabel
Rotan	0,712	Reliabel
Tekstil	0,776	Reliabel

Berdasarkan Tabel 3 dapat dilihat bahwa tiap–tiap Preferensi memiliki nilai *Cronbach Alpha*  $\geq 0,7$ . Dengan demikian, variabel kuisisioner yang digunakan dapat dikatakan cukup reliabel.





3.4. Rekap Hasil Kuisisioner

Rekap hasil kuisisioner dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 Rekap Hasil Kuisisioner Kerajinan Tangan

Kategori	Kerajinan Tangan								
	Kansei Word	Skala							Kansei Word
		1	2	3	4	5	6	7	
<b>Preferensi Kerajinan Tangan secara umum (Kulit, Rotan dan Tekstil)</b>									
Warna	Gloomy (Gelap)	5	8	4	7	10	13	3	Bright (Terang)
	Plain (Lembut)	3	13	7	10	7	5	5	Gaudy (Mencolok)
	Colorless (Warna Tunggal)	5	5	4	9	8	14	5	Colorful (Warna – warni)
Tekstur	Harsh (Kasar)	1	2	0	15	7	11	14	Soft (Lembut)
Volume	Small (Kecil)	3	4	3	22	4	8	6	Large (Besar)
	Handy (Ringan)	9	14	9	10	3	2	3	Heavy (Berat)
Desain	Traditional (Kuno)	3	6	4	9	9	14	5	Modern (Baru)
	Comfortable (Nyaman)	24	10	5	4	1	0	6	Uncomfortable (Tidak Nyaman)
	Simple (Biasa)	6	11	6	12	6	5	4	Complicated (Rumit)
	Childish (Kekanak – kanakan)	2	1	3	12	10	12	10	Mature (Dewasa)
<b>Preferensi Kerajinan Tangan Berbasis Kulit (Produk Tas dan Dompet)</b>									
Desain	Inelegant (Tidak Anggun)	1	2	0	7	8	14	18	Elegant (Anggun)
	Masculine (Kelaki-lakian)	3	6	3	9	9	9	11	Feminine (kewanitaan)
	Compact (kuat)	10	16	11	6	2	3	2	Heavy (berat)
	Cosy (nyaman)	3	8	4	10	2	18	5	Functional (fungsional)
	Classic (klasik)	7	7	7	10	1	14	4	Trendy (gaya terbaru)
	Unfashionable (Tidak sesuai mode)	1	1	0	13	4	14	17	Fashionable (Sesuai mode)
<b>Preferensi Kerajinan Tangan Berbasis Rotan (Produk Kursi dan Tikar)</b>									
Desain	Common (Umum)	3	6	4	1	5	16	15	Unique (Unik)
	Rough (Tidak Rapi)	1	1	2	2	4	16	24	Delicate (Rapi)



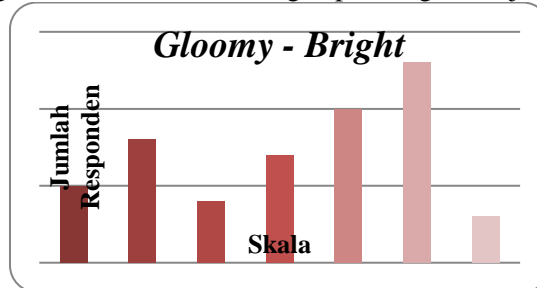
Kategori	Kerajinan Tangan								
	Kansei Word	Skala							Kansei Word
		1	2	3	4	5	6	7	
	Splendid (Indah)	13	11	10	6	4	3	3	Plain (Biasa)
	Deco (dekoratif)	6	14	10	11	1	3	5	Practical (Praktis/yang sebenarnya)
	Rational (rasional/ tenang)	4	3	3	13	5	16	6	Emotional (emosional)
<b>Preferensi Kerajinan Tangan Berbasis Tekstil (Produk Tas Rajut dan Sulam Pita)</b>									
Desain	Rough (Tidak Rapi)	2	2	1	3	9	13	20	Delicate (Rapi)
	Compact (kuat)	5	4	3	5	6	13	14	Heavy (berat)
	Cosy (nyaman)	4	8	4	7	7	11	9	Functional (fungsional)
	Common (Umum)	7	2	1	7	6	11	16	Unique (Unik)



### 3.5. Analisa Preferensi

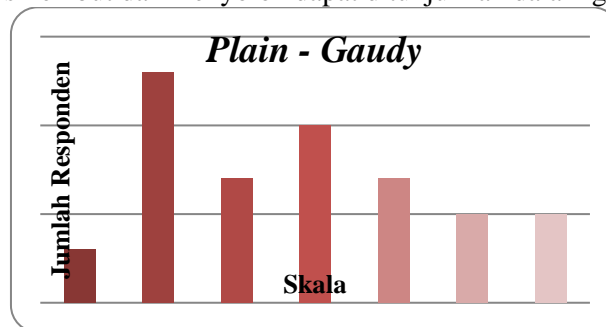
#### 3.5.1. Kerajinan Tangan umum (Kulit, Rotan dan Tekstil)

Preferensi responden terhadap *kansei word* yang berlaku umum, atau untuk semua jenis kerajinan (kulit, rotan dan tekstil) terhadap tiap indikator dilakukan melihat kecenderungan *kansei word* yang dipilih. Sebagai contoh untuk warna (gelap-terang) ditunjukkan dalam gambar 1.



Gambar 1 Kecenderungan *Kansei Word* Untuk Warna (gelap-terang)

Berdasarkan Gambar 1, kecenderungan *kansei word* yang dipilih adalah mengarah ke warna terang (*bright*) - 5 (10) dan 6 (13) - pilihan cukup dominan. Dengan cara yang sama, untuk katagori warna dari sisi lembut dan menyolok dapat ditunjukkan dalam gambar 2.



Gambar 2 Kecenderungan *Kansei Word* Untuk Warna (lembut-menyolok)

Berdasarkan Gambar 2, pilihan lembut dan menyolok cukup seimbang. Lembut 23 (3+13+7), sedangkan menyolok 18 (7+5+5). Skala 4 dalam hal ini digunakan sebagai patokan, atau titik 0. *Kansei word* indikator lain yang berada dalam kelompok berlaku umum dievaluasi dengan cara yang sama yang hasilnya disajikan dalam Tabel 5.

Tabel 5 Preferensi Kerajinan Tangan Umum (Kulit, Rotan dan Tekstil)

Gloomy (Gelap)		Bright (Terang)	+
Plain (Lembut)	+	Gaudy (Mencolok)	+
Colorless (Warna Tunggal)		Colorful (Warna – warni)	+
Harsh (Kasar)		Soft (halus)	+
Small (Kecil)		Large (Besar)	+
Handy (Ringan)	+	Heavy (Berat)	
Traditional (Kuno)		Modern (Baru)	+
Comfortable (Nyaman)	+	Uncomfortable (Tak Nyaman)	
Simple (Biasa)	+	Complicated (Rumit)	
Childish (Kekanak – kanakan)		Mature (Dewasa)	+

#### 3.5.2. Kerajinan Tangan Berbasis Kulit

Langkah yang sama juga dilakukan dalam mengevaluasi preferensi *kansei word* khusus terhadap produk kerajinan berbasis kulit, yang berupa produk tas dan kulit. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 6

Tabel 6 Preferensi Kerajinan Tangan Berbasis Kulit (Produk Tas dan Dompet)

Inelegant (Tidak Anggun)		Elegant (Anggun)	+
Masculine (Kelaki-lakian)		Feminine (kewanitaan)	+
Compact (kuat)	+	Heavy (berat)	
Cosy (nyaman)		Functional (fungsional)	+
Classic (klasik)	+	Trendy (gaya terbaru)	+
Unfashionable (Tidak sesuai mode)		Fashionable (Sesuai mode)	+

### 3.5.2. Kerajinan Tangan Berbasis Rotan

Langkah yang sama juga dilakukan dalam mengevaluasi preferensi *kansei word* khusus terhadap produk kerajinan berbasis kulit, yang berupa produk kursi dan tikar. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 7

Tabel 7 Preferensi Kerajinan Tangan Berbasis Rotan (Produk Kursi dan Tikar)

Common (Umum)		Unique (Unik)	+
Rough (Tidak Rapi)		Delicate (Rapi)	+
Splendid (Indah)	+	Plain (Biasa)	
Deco (dekoratif)	+	Practical (Praktis/ yang sebenarnya)	
Rational (rasional/ tenang)		Emotional (emosional)	+

### 3.5.2. Kerajinan Tangan Berbasis Tekstil

Langkah yang sama juga dilakukan dalam mengevaluasi preferensi *kansei word* khusus terhadap produk kerajinan berbasis tekstil, yang berupa produk tekstil dan rajut. Hasilnya ditunjukkan dalam Tabel 8

Tabel 8 Preferensi Kerajinan Tangan Berbasis Tekstil

Rough (Tidak Rapi)		Delicate (Rapi)	+
Compact (kuat)		Heavy (berat)	+
Cosy (nyaman)		Functional (fungsional)	+
Common (Umum)		Unique (Unik)	+

## 3.6. Pembahasan

Berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan maka akan muncul analisa yaitu : Preferensi responden terhadap ketiga jenis kerajinan, meliputi produk berbasis kulit, rotan dan tekstil yang berada dalam kecenderungan positif. Preferensi citra dimensi afektif yang perlu ditekankan warna terang, lembut dan warna warni. Tekstur halus, volume besar tapi ringan. Dalam hal desain citra yang ditonjolkan simple dan berkesan dewasa.

Preferensi responden terhadap kerajinan dengan bahan dasar kulit seperti tas, dompet citra yang dipentingkan berdasar respon terhadap *kansei word* ditekankan dari Kategori desain. Desain yang elegan atau anggun, feminisme, kuat, modern, nyaman bisa klasik maupun modern dan mengikuti mode.

Preferensi responden terhadap kerajinan berbasis rotan seperti kursi dan tikar selain yang sudah dinyatakan dalam citra yang bersifat umum juga perlu menonjolkan citra unik, dikerjakan dengan rapi, berkesan indah, dekoratif dan memberikan respon emosional.

Sedangkan preferensi terhadap kerajinan dengan bahan tekstil atau rajutan, citra yang perlu ditonjolkan selain yang sudah dinyatakan dalam citra yang bersifat umum adalah citra dikerjakan dengan rapi, terkesan berat, fungsional dan unik.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan pembahasan dan analisis yang telah dilakukan maka disimpulkan bahwa dimensi afektif sebagai salah satu indikator *latent need* dapat diidentifikasi dari berbagai jenis produk kerajinan. Citra yang diinginkan pengguna ada yang bersifat umum, dan ada yang melekat pada jenis produk yang lebih spesifik. Informasi yang diperoleh berupa kumpulan *kansei word*



atau dimensi afektif, dapat dijadikan ide awal untuk membangun *data base* yang dapat digunakan lebih lanjut dalam mengeksplorasi dimensi afektif.

Sebagai saran, penelitian lanjutan dapat dilakukan dengan penekanan pada jenis produk kerajinan yang berbeda sehingga mendapatkan dimensi afektif yang bersifat generik dan yang bersifat spesifik atau melekat pada jenis produk tertentu.

#### Daftar Pustaka

- Doh-Soon Kwaka, Kwang-Jae Kimb, (2012). A data mining approach considering missing values for the optimization of semiconductor-manufacturing processes, *Expert Systems with Applications* 39, 2590–2596
- Feng Zhou · Yangjian Ji · Roger Jianxin Jiao (2013), Affective and cognitive design for mass personalization: status and prospect, *J IntellManuf* (2013) 24:1047–1069
- Hartono, M., & Peacock, J. B. (2012). Incorporating Markov chain modelling and QFD into Kansei engineering applied to services Tan Kay Chuan Shigekazu Ishihara, *I(1)*, 74–97.
- Hsiao, K., & Chen, L. (2006). Fundamental dimensions of affective responses to product shapes, *36*, 553–564. doi:10.1016/j.ergon.2005.11.009
- Lin, L., Yang, M., & Wang, Y. (2012). International Journal of Industrial Ergonomics A systematic approach for deducing multi-dimensional modeling features design rules based on user-oriented experiments. *Int. Journal of Industrial Ergonomics*, 42(4), 347–358.
- Nagamachi, M. and Lokman, A.M. (2011) *Innovations of Kansei Engineering*, CRC Press, Boca Raton.
- Oztekin, A., James, Z., & Uysal, O. (2010). International Journal of Industrial Ergonomics UseLearn: A novel checklist and usability evaluation method for eLearning systems by criticality metric analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(4), 455–469
- Park, J., Han, S. H., Kim, H. K., Oh, S., & Moon, H. (2013). Modeling user experience: A case study on a mobile device. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 43(2), 187–196.
- Shao-Chung Hsu, Chen-Fu Chien A, Hybrid data mining approach for pattern extraction from wafer bin map to improve yield in semiconductor manufacturing, *Int. J. Production Economics* 107 (2007) 88–103.
- Turban Efraim, Narasimha Bolloju, Ting-Peng Liang, (2010), Social commerce: an e-commerce perspective, *The ACM Digital Library is published by the Association for Computing Machinery*.
- Vishal Gupta, Gurpreet S. Lehal, (2009). A Survey of Text Mining Techniques and Applications, *Journal Of Emerging Technologies In Web Intelligence*, 1(1), 60 – 76
- Zhou, F., Jiao, J. R., Schaefer, D., & Chen, S. (2010). Hybrid association mining and refinement for affective mapping in emotional design. *Journal of Computing and Information Science in Engineering*, 10(3), 0310101–0310109.



## Analisis *Total Productive Maintenance* Sebagai Penunjang Produktivitas Dengan Pengukuran *Overall Equipment Effectiveness* Pada Mesin *Kiln Mill* Pabrik Indarung V PT. SEMEN PADANG

Henny Yulius<sup>1</sup>, Irsan<sup>2</sup>, Bayu Tasman<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Putra Indonesia "YPTK"

Jalan Pondok Begalung Padang – Sumatera Barat

E-mail : henny\_yulius27@yahoo.com

TIDAK  
DIPRESENTASIKAN

### Intisari

Fungsi mesin/peralatan yang digunakan dalam proses produksi akan mengalami kerusakan sejalan dengan semakin bertambahnya usia mesin dan penurunan kemampuan mesin atau peralatan tersebut, meskipun demikian umur pemakaian dan penggunaan mesin dapat diperpanjang dengan penerapan metode perbaikan secara berkala melalui suatu aktivitas pemeliharaan (*maintenance*) yang tepat. *Total Productive Maintenance* (TPM) adalah salah satu metode yang dikembangkan di Jepang yang dapat digunakan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi produksi perusahaan dengan menggunakan mesin/peralatan secara efektif. Tahapan pertama dalam usaha peningkatan efisiensi produksi pada perusahaan ini adalah dengan melakukan pengukuran efektivitas mesin *Kiln Mill W1* dikarenakan hasil proses di kiln merupakan cikal bakal terbentuknya semen, dengan menggunakan metode *overall equipment effectiveness* (OEE), pengukuran OEE six big losses, pengukuran nilai maksimum *availability* dengan perhitungan *mean time to failure* dan *mean time to repair*, sehingga dapat meningkatkan rata-rata OEE pada mesin *Kiln Mill W1*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor yang mempengaruhi tingkat efektivitas mesin adalah *availability ratio* dengan persentase rata-rata dari bulan Juli 2014-Juni 2015 sebesar 87,88%, *performance ratio* 90,66%, serta *rate of quality product* 100%. Nilai OEE pada mesin *Kiln Mill W1* sebesar 79,75% yang dipengaruhi oleh faktor Six Big Losses: *Reduce Speed Loss*, *Breakdown loss*, *Idling Minor Stoppages*, dan *Set-up and Adjustment*. Hal ini menuntut perusahaan untuk dapat melakukan perawatan dan pengembangan sehingga dapat meningkatkan performansi mesin di PT. Semen Padang.

Kata kunci : *Total Productive Maintenance*, *Kiln Mill W1*, *Overall Equipment Effectiveness*

### 1. Pendahuluan

#### 1.1 Latar Belakang

Usaha perbaikan pada industri manufaktur dapat dilihat dari segi peralatan, dapat dilakukan dengan meningkatkan efektivitas mesin/peralatan yang ada seoptimal mungkin. Pada prakteknya, seringkali usaha perbaikan yang dilakukan tersebut hanya menyebabkan pemborosan, karena tidak menyentuh akar permasalahan yang sesungguhnya.

PT Semen Padang adalah badan usaha milik negara yang bergerak dalam industri semen. Dalam upaya meningkatkan daya saing dengan perusahaan lain, maka seluruh jajaran perusahaan harus berupaya menerapkan praktek-praktek manajemen yang mengarah pada pencapaian efisiensi dan efektivitas operasional perusahaan. Pencapaian tersebut dalam skala operasi dapat di capai dengan meningkatkan proses optimalisasi dan efektivitas produksi melalui peningkatan efektivitas peralatan. Dalam hal ini peningkatan efektivitas peralatan dilakukan pada mesin-mesin yang digunakan selama proses produksi.

Departemen *Maintenance* PT. Semen Padang berusaha dan fokus untuk mengurangi waktu berhenti (*breakdown*) yang terjadi dalam proses pengolahan semen hingga mencapai tahap maksimal dalam peningkatan OEE dan peningkatan kualitas produk. Perawatan mesin mengenai pembersihan (*cleaning*) dan *preventive maintenance* harus dilakukan dengan



maksimal. Adanya tindakan perbaikan diperlukan untuk memperbaiki tingkat efektivitas mesin dalam berproduksi. Dengan demikian penulisan ini akan memberikan analisis perbaikan efektivitas mesin/peralatan pada perusahaan melalui penerapan TPM.

### 1.2 Rumusan Masalah

Adapun yang menjadi rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apa saja faktor-faktor penyebab kerusakan mesin *Kiln Mill* yang mengakibatkan produktivitas menurun ?
2. Bagaimana merumuskan perbaikan dengan menggunakan penerapan *Total Productive Maintenance* untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas mesin *Kiln Mill* ?
3. Bagaimana *action* yang diberikan sebagai usaha pemecahan masalah akibat dari penurunan efektivitas pada mesin yang diteliti ?

### 1.3 Batasan Masalah

Agar penulisan tugas akhir ini lebih terarah maka perlu dibuat batasan terhadap permasalahan yang ada :

1. Pengukuran efektivitas mesin/peralatan berfokus hanya pada mesin *Kiln Mill* untuk periode Juli 2014-Juni 2015.
2. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data produksi, data jam kerja dan *delay* mesin periode Juli 2014-Juni 2015.
3. Penelitian yang dilakukan tidak melibatkan perhitungan biaya.
4. *Overall Equipment Effectiveness* (OEE), *Six Big Losses*, *improvement* terhadap keandalan mesin dan analisa *Availabilty* adalah metode yang digunakan untuk menentukan keefektifan kinerja mesin produksi semen.
5. Hasil akhir penelitian ini hanya sampai kepada perbandingan setelah dilakukan penerapan *Total Productive Maintenance* (TPM).

### 1.4 Tujuan Penelitian

1. Mengetahui tingkat efektivitas penggunaan mesin/peralatan produksi dengan menggunakan metode *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) sebagai bahan pertimbangan dalam penerapan TPM dalam perusahaan.
2. Menghitung peningkatan nilai persentase *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) dengan melakukan *improvement* terhadap mesin atau peralatan yang diteliti.
3. Memperlihatkan hubungan antara keefektifan kinerja mesin dengan hasil produksi.
4. Mengetahui faktor utama penyebab kerugian-kerugian yang ditimbulkan.

### 1.5 Manfaat penelitian

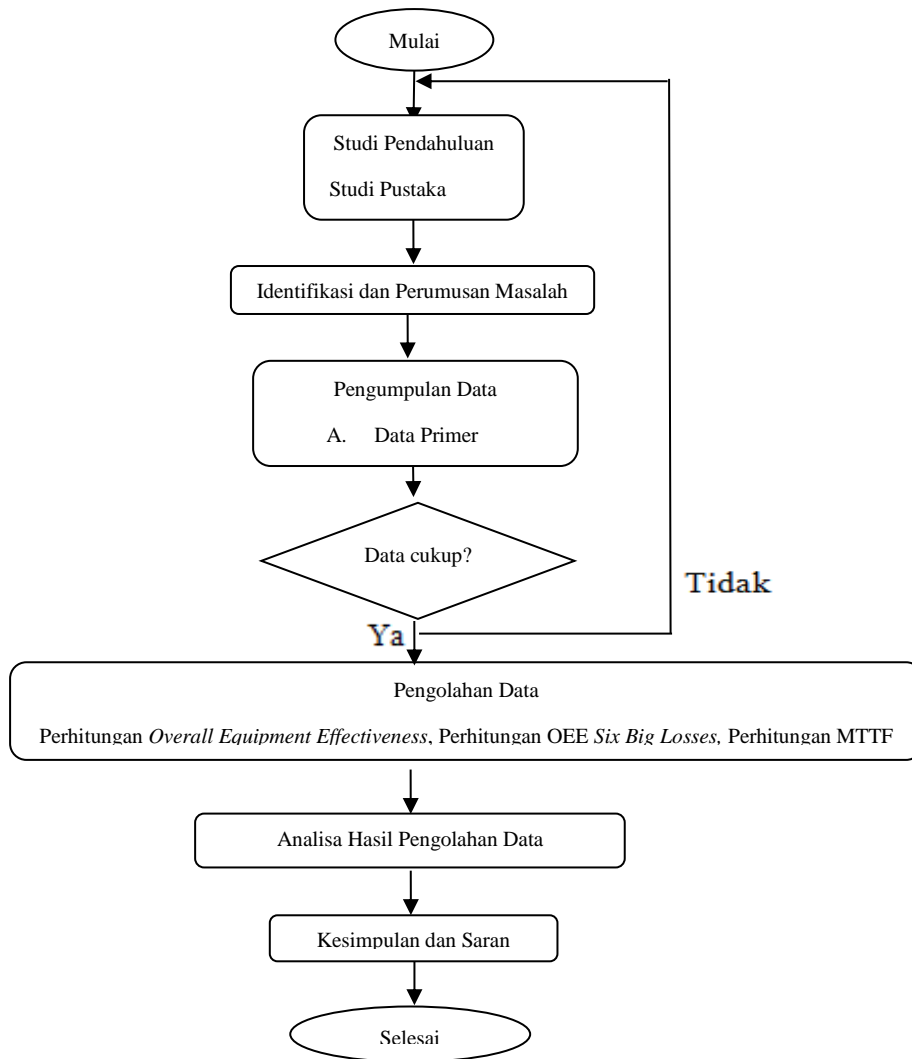
Menjadi bahan masukan bagi perusahaan dalam menyusun rencana peningkatan produktivitas dan efisiensi mesin/peralatan dengan memaksimalkan efektivitas penggunaan mesin/peralatan serta memberikan masukan kepada perusahaan untuk dapat memperbaiki metode pemeliharaan yang selama ini diterapkan perusahaan.

## 2. Metodologi

Metode penelitian ini menjelaskan mengenai langkah-langkah yang dilakukan dalam menyelesaikan permasalahan yang peneliti angkat pada PT. Semen Padang. Penelitian ini mengambil objek pada mesin *Kiln Mill W1* pada periode bulan Juli 2014-Juni 2015. Diagram alir dari metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai berikut:





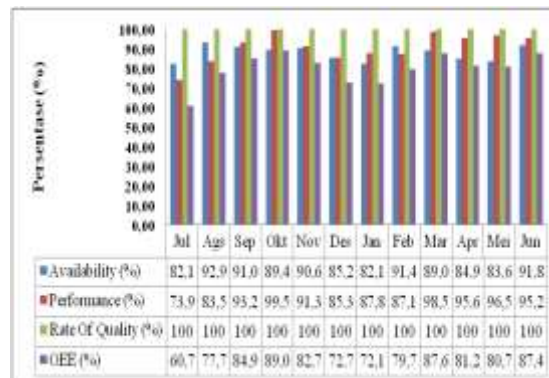


Gambar 1. *Flowchart* Metodologi Penelitian

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### a. Perhitungan Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)

Perhitungan *overall equipment effectiveness* di PT. Semen Padang dilakukan untuk melihat atau mengetahui tingkat efektivitas penggunaan mesin *Kiln Mill W1* selama bulan Juli 2014-Juni 2015. Nilai hasil perhitungan OEE dapat dilihat pada Gambar 2 berikut:



Gambar 2. Nilai OEE Mesin *Kiln Mill W1*



Dari grafik nilai OEE mesin *Kiln Mill W1* diatas dapat diketahui sebagai berikut:

1. Selama periode Juli 2014-Juni 2015 diperoleh nilai *Overall Equipment Effectiveness* (OEE) yang berkisar antara 60,7% - 89,0%. Dengan nilai *Availability ratio* berkisar antara 82,1% - 92,9%, *performance ratio* yang berkisar antara 73,9% - 99,5% dan sedangkan *rate of quality products* adalah rata-rata 100% (karena pada proses produksi semen pada mesin *Kiln Mill W1* tidak ditemui produk yang cacat).
2. Nilai OEE tertinggi terdapat pada bulan Oktober 2014 yaitu sebesar 89,0%. Hal ini disebabkan karena tingginya tingkat *Availability ratio* yang digunakan sebesar 89,4%, *performance ratio* sebesar 99,5% dan sedangkan *rate of quality* sebesar 100%.
3. Sedangkan nilai OEE terendah pada bulan Desember yaitu sebesar 60,7%. Hal ini disebabkan karena tingkat *Availability ratio* yang rendah yaitu sebesar 82,1%, *performance ratio* sebesar 73,9% dan sedangkan *rate of quality products* sebesar 100%.

### 3.2 Perhitungan OEE Six Big Losses

Perhitungan OEE *six big losses* untuk mengetahui faktor apa dari keenam faktor *six big losses* yang memberikan kontribusi terbesar yang mengakibatkan rendahnya efektivitas penggunaan mesin *kiln mill w1*.

Tabel 1. Hasil Perhitungan OEE Six Big Losses Mesin Kiln Mill W1

No	Six Big Losses	Total Time Losses (Jam)	Persentase (%)
1	Breakdown Loss	432,26	28,18
2	Set up nad Asjurement Loss	162,44	10,59
3	Idling Minor Stoppages	345,01	22,49
4	Reduced Speed Loss	594,40	38,75
5	Rework Loss	0	0,00
6	Scrap/Yield Loss	0	0,00
Total		1534,11	100,00

Dari Tabel 1. dapat dilihat keenam faktor *six big losses* yang menyebabkan rendahnya efektivitas mesin *Kiln Mill W1* adalah *Reduced Speed Loss* dengan persentase 38,75%, *Breakdown Loss* dengan persentase 28,18%, *Idling Minor Stoppages* dengan persentase 22,49% dan *Set up and Adjustment* dengan persentase 10,59%. Jadi yang menyebabkan tidak tercapainya nilai OEE tahunan disebabkan karena rendah atau tidak tercapainya nilai persentase kemampuan peralatan dalam menghasilkan produk (*Performance Efficiency*) dan nilai persentase pemanfaatan waktu yang tersedia untuk kegiatan operasi mesin/peralatan (*Availability Ratio*).

### 3.3 Perhitungan MTTF dan MTTR

Tabel 2. MTTF dan MTTR

Weibul	$\beta$	$\alpha$	$\theta$	Indeks of Fit (r)	MTTF (Jam)	MTTR (Jam)
Operasional	10,797	-68,869	594,673	0,994	568,19	
Reparasi	1,261	-4,777	44,151	0,975		41,01

1. Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Failure* dengan menggunakan waktu operasional dapat diketahui nilai dari  $\beta$  (parameter bentuk) = 10,797; nilai  $\alpha$  = -68,969; nilai  $\theta$  (parameter skala) = 594,673; nilai kemampuan perawatan mesin *Kiln Mill W1* untuk MTTF adalah sebesar 568,19 jam. Apabila dilihat dari nilai *index of fit* waktu operasional mesin nilai nya baik/*fit* dikarenakan  $r \leq +1$ , korelasinya



sempurna positif, artinya jika nilai dari waktu MTTF mesin *Kiln Mill W1* besar, maka akan meningkatkan kerusakan pada mesin.

2. Berdasarkan perhitungan *Mean Time To Repair* dengan menggunakan waktu reparasi mesin dapat diketahui nilai dari  $\beta$  (parameter bentuk) = 1,261; nilai  $\alpha = -4,777$ ; nilai  $\theta$  (parameter skala) = 44,151; nilai kemampuan perawatan mesin *Kiln Mill W1* untuk MTTR adalah sebesar 41,01 jam. Apabila dilihat dari nilai *index of fit* waktu reparasi mesin nilai nya baik/*fit* dikarenakan  $r \leq +1$ , korelasinya sempurna positif. Artinya jika nilai dari waktu MTTR mesin *Kiln Mill W1* besar, maka kerusakan yang dialami mesin juga besar.

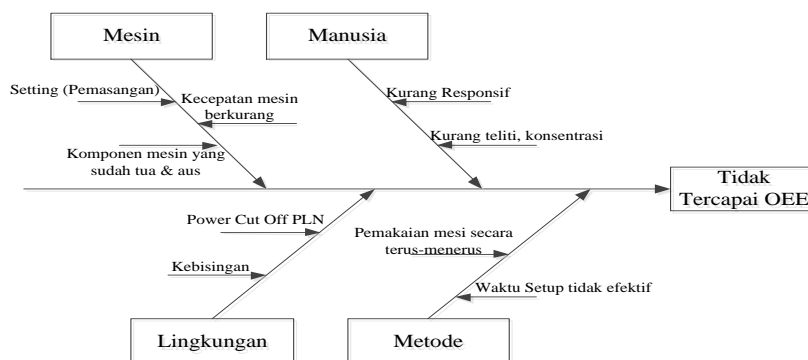
### 3.4 Analisa Availability

Tabel 3. Availability

No	Tahun	Availability	Performance	Total	Total	Rate of	OEE
		Ratio	Rate	Produksi	Defect	Quality Product	
		(%)	(%)	(Ton)	(Ton)	(%)	
		(A)	(B)	(C)	(D)	(E)	(F)
1	Juli 2014s/d	87,88	90,66	1463913,5	0	100%	79,75
	Jun-15						
2	Setelah TPM	93,27	90,66	(c)	0	100%	84,56
	Selish	5,39	Belum diasumsi	(c)-1463913,5	0	Belum diasumsi	4,81

Berdasarkan tabel 3 diatas, sebelum diberikan penerapan TPM diperoleh nilai perhitungan rata-rata persentase *Availability Ratio* sebesar 87,88% dan rata-rata persentase OEE sebesar 79,75%. Setelah diberikan analisa TPM dengan melakukan perhitungan rata-rata selang waktu terjadinya kerusakan/MTTF dan perhitungan rata-rata lama waktu perbaikan/MTTR, maka dapat ditentukan nilai persentase *Availability Ratio* sebesar 93,27%, sehingga dengan adanya peningkatan persentase *Availability Ratio* maka dapat diperoleh nilai persentase OEE sebesar 84,56%, masing-masing mengalami peningkatan persentase untuk ketersediaan mesin/peralatan sebesar 5,39% dan persentase nilai OEE tahunan sebesar 4,81%.

### 3.5 Analisis Diagram Sebab Akibat



Gambar 3. Fishbone tidak tercapai OEE

Diagram sebab akibat diatas mengidentifikasi penyebab tidak tercapainya OEE menjadi 4 kategori, yaitu:

1. Manusia/operator
  - a. Kurang responsif dalam mengawasi operasi mesin karena kurangnya observasi yang dilakukan operator yang bertugas disebabkan operator tidak pernah diberikan pelatihan yang kontinyu. Sehingga kerusakan kecil yang berpotensi menyebabkan kerusakan yang besar sering terabaikan.
  - b. Kurangnya konsentrasi operator yang disebabkan kelelahan ataupun mengantuk karena pemanfaatan waktu istirahat yang tidak cukup, sehingga akan mengakibatkan pengaturan kerja mesin/peralatan yang beroperasi kurang diperhatikan.
  - c. Kurang teliti dalam merawat dan membersihkan mesin yang mengakibatkan penurunan kecepatan produksi atau bahkan mesin berhenti secara tiba-tiba.
2. Mesin
  - a. Settingan (pemasangan/penyetelan) salah satu komponen pada mesin seharusnya dilakukan dengan efektif dan efisien, akan tetapi karena susahny pemasangan/penyetelan terhadap mesin sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama.
  - b. Umur mesin atau komponen yang sudah tua atau aus. Hal ini semakin diperparah dengan pemakaian mesin secara terus-menerus, sehingga menyebabkan umur komponen menjadi lebih cepat.
  - c. Kecepatan mesin berkurang disebabkan karena kecepatan aktual dari mesin memang sengaja dikurangi dengan pertimbangan masa pengoperasian mesin yang sudah cukup lama.
3. Metode kerja
  - a. Proses produksi yang berjalan secara kontinue menyebabkan pemakaian mesin secara terus-menerus, ini menyebabkan kondisi mesin harus prima. Dalam hal ini, operator juga harus memonitoring *performance* mesin atau peralatan tersebut.
  - b. Waktu setup yang tidak efektif disebabkan karena tidak adanya standar waktu yang ditetapkan pada proses pembersihan dan penyetelan terhadap mesin.
4. Lingkungan
  - a. Putusnya hubungan listrik dari PLN menyebabkan matinya semua mesin yang beroperasi, sehingga ketika mesin dihidupkan maka kecepatan mesin tidak dapat langsung kembali ke kecepatan semula.
  - b. Kondisi lingkungan mesin produksi yang bising akan berpengaruh terhadap konsentrasi dan pendengaran operator yang pada akhirnya akan mempengaruhi kerja operator saat mengawasi mesin.

### 3.6 Usulan Pemecahan Masalah

Berdasarkan perhitungan persentase *total time loss* dari diagram pareto terhadap faktor *six big losses* dapat diketahui bahwa persentase faktor-faktor yang mempengaruhi dalam efektivitas mesin *Kiln Mill W1*, sehingga mengakibatkan nilai OEE tidak tercapai. Oleh sebab itu perlu dirumuskan usulan pemecahan masalah untuk meningkatkan persentase OEE.

Langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk peningkatan persentase OEE adalah sebagai berikut:

1. Faktor manusia/operator

Adapun usulan yang dapat diambil untuk melakukan perbaikan faktor manusia/operator adalah:

  - a. Mengadakan program pelatihan secara berkala terhadap pekerja atau operator. Bagi pekerja/operator baru sebaiknya pelatihan dilakukan sebelum operator ditempatkan pada stasiun kerja. Pelatihan ini bertujuan untuk meningkatkan keterampilan dan pengetahuan pekerja/operator. Hal ini akan sangat membantu operator dalam melakukan kegiatan *maintenance* dan mengambil keputusan saat keadaan darurat.
  - b. Pengawasan yang dilakukan supervisor terhadap operator perlu ditingkatkan, utamanya saat operator melakukan kegiatan *maintenance*.



- c. Penerapan sanksi yang lebih tegas terhadap tenaga kerja yang kurang disiplin dan memberikan insentif yang sesuai untuk mendorong kerja operator.

## 2. Faktor mesin/peralatan

Usaha yang dapat dilakukan untuk mengatasi masalah yang berhubungan dengan mesin ini antara lain:

- a. Pembuatan standar tentang *setting* (pemasangan) mesin yang tepat dan sesuai kondisi dilapangan dan bekerja sama dengan pihak *Engineering*.
- b. Meningkatkan kegiatan *preventif maintenance* pada mesin produksi, sehingga dapat memberikan keandalan yang baik pada mesin.
- c. Kegiatan *autonomous maintenance* pada *Kiln Mill WI* dilakukan lebih teliti seperti kegiatan pemeriksaan terhadap baut-baut yang longgar, penggantian komponen yang rusak atau yang sudah tua dan kegiatan pembersihan mesin, memeriksa minyak pelumas.

## 3. Faktor metode kerja

Tindakan yang dapat diambil untuk melakukan perbaikan faktor metode kerja antara lain:

- a. Kegiatan *planned maintenance* perlu ditingkatkan, hal ini dapat mengimbangi proses produksi yang kontinue yang menyebabkan pemakaian mesin secara terus-menerus.
- b. Menentukan standar waktu *set-up* pada mesin termasuk waktu penyesuaian dan juga waktu yang dibutuhkan untuk kegiatan-kegiatan pengganti satu jenis komponen mesin, sehingga dapat menghasilkan produk sesuai target yang telah ditentukan.

## 4. Faktor lingkungan

Faktor lingkungan merupakan salah satu faktor yang perlu diperhatikan, karena faktor ini secara tidak langsung mempengaruhi tingkat produktivitas mesin. Tindakan yang dapat diambil untuk melakukan perbaikan faktor lingkungan antara lain:

- a. Menjaga hubungan kontrak kerjasama dengan pihak PLN agar tidak terjadi pemadaman listrik pada pabrik.
- b. Lingkungan mesin produksi yang bising akan berpengaruh terhadap konsentrasi dan pendengaran operator. Untuk itu operator perlu menggunakan *ear plug* untuk mencegah gangguan pendengaran dan agar tetap bisa konsentrasi saat bekerja.

## 4. Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan uraian dan hasil analisis pengukuran OEE pada mesin *Kiln Mill WI*:

1. Besar faktor yang mempengaruhi tingkat efektivitas mesin adalah *availability ratio* dengan persentase rata-rata dari bulan Juli 2014-Juni 2015 sebesar 87,88%, *performance ratio* dengan persentase rata-rata sebesar 90,66% dan *rate of quality product* dengan persentase rata-rata sebesar 100%.
2. Dari ke enam faktor *six big losses* yang memberikan pengaruh yang signifikan atau memiliki kontribusi terbesar terhadap efektivitas mesin *Kiln Mill WI* adalah *reduce speed loss* yaitu sebesar 38,75%, kemudian di ikuti *Breakdown Loss* sebesar 28,18%, *Idling Minor Stoppages* 22,49%, *Set up nad Asjurement Loss* sebesar 10,59%, perhitungan *Rework Loss* dan *Scrap/Yield Loss* tidak dilakukan, karena dalam proses produksi semen pada unit mesin *kiln mill* tidak ditemukan kegagalan produk yang dihasilkan.
3. Salah satu analisa yang dilakukan dalam penerapan *Total Productive Maintenance* untuk meningkat *availability* dan *Overall Equipment Effectiveness* pada *Mesin Kiln Mill WI* adalah dengan menentukan kemampuan perawatan *Mean Time To Failure* sebesar 568,19 jam dan kemampuan perawatan *Mean Time To Repair* sebesar 41,01 jam.
4. Usulan pemecahan masalah akibat dari penurunan efektivitas mesin *Kiln Mill WI* disajikan pada tabel dibawah ini:



Tabel 4 Usulan Pemecahan Masalah

Manusia	Mesin	Material	Metode	Lingkungan
Pelatihan	<i>Preventive maintenance</i> ditingkatkan	Menjaga kebersihan mesin dan area kerja	<i>Planned maintenance</i> ditingkatkan	Penggunaan <i>car plug</i>
Pengawasan ditingkatkan	<i>Autonomous maintenance</i> dilakukan lebih teliti			
Tambahan Istirahat				
Sangsi Insentif				

#### Daftar Pustaka

- Assauri, Sofjan. 2008. *Manajemen Produksi dan Operasi*, Lembaga Penerbit Fakultas Ekonomi Universitas Indonesia, Jakarta
- Azwar, Zulfi dkk. 2014. *Perhitungan Overall Efficiency Effectiveness Dalam Penerapan Total Productive Maintenance*. Jurnal: Sekolah Tinggi Teknik Harapan Medan
- Heizer, Jay dan Barry Render. 2012. *Manajemen Operasi*, Salemba Empat, Jakarta
- Kurniawan, Fajar. 2013. *Manajemen Perawatan Industri*. Graha Ilmu, Yogyakarta
- Nakajima, S. 1988. *Introduction to Total Productive Maintenance (TPM)*, Productivity Press Inc, Cambridge.
- \_\_\_\_\_. 1989. *TPM Development Program Impelementing Total Productive Maintenance*. Productivity Press Inc, Cambridge.
- Oktaria, Susanti. 2011. *Perhitungan dan Analisa Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. Skripsi: Universitas Indonesia.
- Permana, Denny dan Ali Parkhan. 2012. *Pengukuran Nilai Overall Equipment Effectiveness (OEE) Di Lini Produksi Guna Mengoptimalkan Kinerja Peralatan*. Jurnal: Universitas Islam Indonesia.
- Prihantoro, Rudy. 2012. *Konsep Pengendalian Mutu*. PT. Remaja Rosdakarya, Bandung
- Puspitasari, Nia Budi dan Avior E Bagas. 2015. *Perhitungan Nilai Overall Equipment Effectiveness Mesin Mixer Banbury 270 L Dan Mesin Blas Cutting Line 2*. Jurnal: Universitas Diponegoro
- Saiful, Amrin dkk. 2014. <https://JEMIS.ub.ac.id>. *Pengukuran Kinerja Mesin Defektator I Dengan Menggunakan Metode Overall Equipment Effectiveness*. Jurnal: UB Publishing
- Sudaryono. 2014. *Teori dan Aplikasi dalam Statistik*. Yogyakarta: Penerbit CV. Andi Offset.



# PENGEMBANGAN SMART PARKING SYSTEM MENGGUNAKAN PENGENALAN PLAT NOMOR KENDARAAN DAN DETEKSI INTENSITAS CAHAYA

**Dony Satriyo Nugroho, M.K Herliansyah**

S2 Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada  
Jalan Grafika No.2, Kampus UGM, Yogyakarta 55281  
Telp. 081371139486  
E-mail: donysatriyonugroho@gmail.com

## Intisari

*Tempat parkir merupakan sarana yang harus dimiliki oleh tempat umum khususnya tempat umum yang memiliki jumlah pengunjung tinggi. Pengelolaan sistem parkir yang baik dapat meningkatkan kepuasan pada pengunjung dan meningkatkan value yang dimiliki oleh tempat umum. Kecepatan dalam menemukan dan kemudahan dalam mencari area parkir masih dianggap menjadi masalah oleh pengunjung. Sistem parkir sekarang ini menggunakan tiket sebagai indentifikasi kendaraan yang masuk dan keluar pada sistem parkir, akan tetapi waktu yang digunakan untuk mengambil tiket masih lama dan menimbulkan antrian pada pintu masuk dan pintu keluar tempat parkir. Proses antrian yang lama pada saat memasuki area parkir dapat dikurangi dengan menerapkan otomasi indentifikasi kendaraan. Otomasi indentifikasi kendaraan memungkinkan kendaraan dapat memasuki area parkir tanpa harus berhenti ketika memasuki area parkir untuk indentifikasi kendaraan. Jaringan yang digunakan dalam pengolahan citra untuk membaca pelat nomor kendaraan adalah jaringan kohonen. Jaringan ini mampu mengenali sebesar 71% dengan benar pelat nomor kendaraan. Sedangkan untuk membantu pengemudi menemukan area kosong pada tempat parkir, sistem parkir memberikan petunjuk ke arah mana tempat parkir yang kosong. Identifikasi tempat parkir yang kosong menggunakan sensor cahaya untuk mendeteksi apakah ada mobil di tempat tersebut atau tidak.*

*Kata kunci: sistem parkir, pengolahan citra, pelat nomor, jaringan kohonen, sensor cahaya.*

## 1. Pendahuluan

Dengan semakin bertambahnya jumlah kendaraan bermotor kebutuhan akan lahan parkir menjadi salah satu hal yang harus dipertimbangkan ketika sebuah perusahaan akan membangun sebuah usaha, keunggulan dalam mengelola lahan parkir akan meningkatkan value yang diberikan kepada customer dan menjadi keunggulan dari sebuah usaha (Purnamasari, 2012). Orang yang memiliki kendaraan menghadapi masalah parkir di daerah yang paling metropolitan, terutama pada jam sibuk.

Sistem parkir yang ada pada umumnya menggunakan tiket untuk indentifikasi kendaraan yang masuk dan keluar sistem parkir. Meskipun sistem ini memiliki keunggulan dan cukup banyak diterapkan, namun sistem ini masih memiliki kekurangan. Kekurangan yang dimiliki oleh sistem parkir yang menggunakan tiket adalah lamanya waktu yang digunakan ketika mobil berhenti untuk mengambil tiket masuk dan melakukan pembayaran pada saat mobil keluar. Pada saat mengambil tiket rata-rata mobil membutuhkan waktu 7-12 detik dengan rincian waktu untuk membuka jendela kaca mobil 3 detik, mengambil tiket 5 detik, menutup kaca mobil 3 detik. Sedangkan ketika mobil keluar mengembalikan tiket dan menerima kembalian mobil membutuhkan waktu 18-24 detik, dengan rincian waktu operasi menurunkan kaca jendela 2 detik, operator menginputkan data tiket 7 detik, operator memberikan kembalian 12 detik,



pengemudi menutuk kaca jendela mobil 3 detik. Hal ini menimbulkan antrian pada saat mobil memasuki dan keluar sistem parkir.

Selain masalah waktu yang cukup lama ketika memasuki dan keluar sistem parkir menurut Jog *et al* (2015) hal yang menjadi masalah dalam sistem parkir lainnya adalah lamanya seorang pengemudi menemukan tempat parkir yang kosong. Bahkan menurut *Happiest Minds* (2014) minyak yang terbuang diseluruh dunia untuk mencari area parkir yang kosong mencapai 1.000.000 barrels atau 159.000.000 liter per hari. Dengan semakin bertambahnya jumlah penduduk dan kendaraan setiap tahunnya maka jumlah minyak yang terbakar sia-sia juga akan semakin bertambah.

Kesulitan dan ketidaktahuan dimana ruang parkir yang tersedia pada waktu mencari tempat parkir yang kosong berakibat pula pada semakin banyaknya waktu yang terbuang berada di area parkir yang akan menambah biaya pengemudi saat menggunakan tempat parkir. Selain itu kondisi kesulitan mencari area parkir juga menyebabkan kemacetan di dalam area parkir serta membuat pengemudi berusaha menempati sejumlah area yang bukan merupakan area parkir (Shaikh *et al*, 2015).

Smart parking system menawarkan keunggulan untuk meningkatkan kecepatan pengendara motor dan mobil untuk menemukan tempat kosong pada lahan parkir serta mempersingkat waktu ketika masuk dan keluar sistem parkir dengan menghilangkan proses pengambilan tiket dan pengembalian tiket karena sistem identifikasi kendaraan sudah dilakukan secara otomatis. Smart parking system dapat membantu pengguna mobil dalam mencari tempat parkir yang kosong dan dapat menghemat bahan bakar serta waktu mencari tempat kosong sebanyak 80% (Venkateswaran dan Prakash, 2014).

Identifikasi kendaraan pada *smart parking* sistem dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai cara salah satunya adalah dengan melakukan pengenalan plat nomor kendaraan. Kelebihan pengenalan kendaraan dengan identifikasi plat nomor kendaraan dibandingkan dengan identifikasi kendaraan menggunakan RFID adalah tidak perlunya instalasi suatu hardware baru pada kendaraan dan juga instalasi pemasangan sistem lebih murah. Menggunakan otomasi identifikasi kendaraan mampu menghilangkan waktu pada saat memasuki gerbang parkir hampir pada keseluruhan proses operasi pada penggunaan tiket sehingga akan menghemat waktu sebanyak 7-12 detik, dan untuk saat pengembalian tiket otomasi identifikasi kendaraan bisa menghilangkan waktu pengembalian tiket dan proses input nomor tiket oleh kasir yang mana akan mampu mengurangi waktu di gerbang keluar sebanyak 7 detik.

Pengenalan plat nomer kendaraan untuk mengenali identitas kendaraan yang masuk dan keluar dapat dilakukan dengan menggunakan metode pengolahan citra digital dan jaringan syaraf tiruan (JST). Model pelatihan yang digunakan untuk melakukan identifikasi karakter angka dan huruf pada plat nomer kendaraan adalah model pelatihan tanpa supervisi (*unsupervised training*) karena model ini sangat tepat untuk digunakan dalam melakukan pengenalan pola (*pattern recognition*) (Siang, J. J 2005)

Dalam membantu pengendara menemukan tempat parkir yang kosong smart parking system mengidentifikasi terlebih dahulu tempat mana yang kosong kemudian diinformasikan kepada pengendara. Untuk melakukan identifikasi tempat kosong smart parking system memiliki berbagai cara, antara lain menggunakan sensor yang ditempatkan pada masing-masing tempat parkir, imageprocessing untuk melihat area yang kosong. Kekurangan sensor dibandingkan dengan menggunakan image processing adalah dibutuhkananya banyak sensor untuk semua tempat parkir. Sedangkan kekurangan identifikasi area parkir yang kosong menggunakan image processing adalah dibutuhkananya kamera yang mampu menjangkau seluruh area parkir. Hal ini sulit dilakukan terutama untuk sistem parkir yang berada dibawah tanah dikarenakan ruangan yang pendek menyulitkan penempatan kamera.



## 2. Metode Penelitian

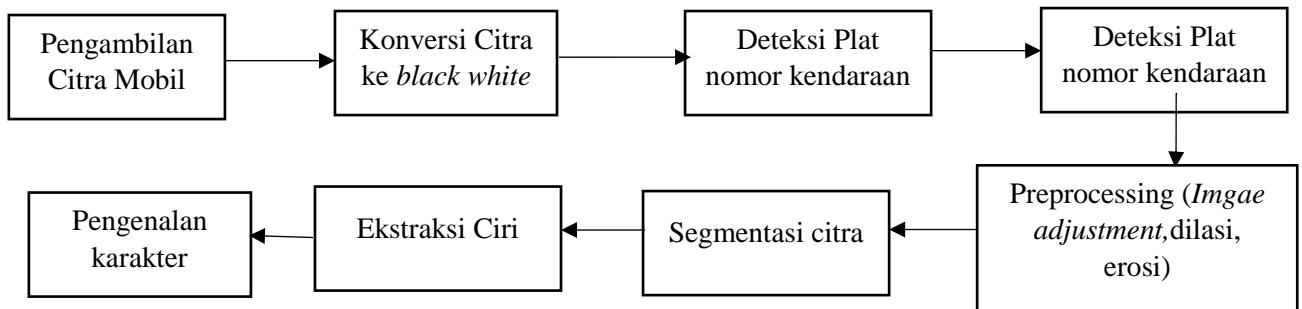
Penelitian ini terdiri menggunakan jaringan syaraf tiruan kohonen untuk mengenali pelat nomor pada kendaraan. Jumlah data yang digunakan untuk melatih jaringan berjumlah 108 data terdiri dari 30 angka dari 0-9 dan 78 huruf a-z, masing-masing huruf dan angka terdiri dari tiga jenis data set. Pelatihan jaringan menggunakan 1000 *epoch* dengan *learning rate* 0.9. Pemrograman jaringan menggunakan matlab versi 2015b. Sedangkan untuk penunjuk arah menggunakan *microncontroller* arduino sebagai pengendali dan sensor cahaya untuk proses identifikasi area parkir yang belum terisi.



Gambar 1.1 Citra angka 0 untuk pelatihan jaringan JST

## 3. Model Konseptual

### 3.1 Model Konseptual Pengenalan Karakter Pelat Nomor Kendaraan



Gambar 3.1 Model Konseptual Deteksi Pelat Nomor Kendaraan

Model konseptual untuk deteksi plat nomor dimulai dari pengambilan citra mobil. Deteksi citra mobil diambil menggunakan kamera yang terpasang pada sistem parkir. Citra yang tertangkap oleh kamera akan diolah pada *RGB frame* untuk dilakukan binerisasi. Pada tahap ini citra akan dideteksi nilai intensitas warnanya. Citra mobil yang telah dideteksi akan dirubah menjadi citra *grayscale* yaitu citra yang memiliki nilai antara 0 dan 1. Dari citra bentuk *grayscale* akan dirubah menjadi citra biner yaitu citra yang hanya memiliki nilai 0 dan 1. Citra asli, *grayscale* dan citra biner



Gambar 3.2a Citra Asli Kendaraan Mobil





Gambar 3.2b Hasil *Grayscale* Citra



Gambar 3.2c Hasil Binerisasi Citra

Pada pemilihan kandidat pelat nomor kendaraan menggunakan deteksi tepi sobel. Dari hasil deteksi tepi pada gambar 3.3 terlihat bahwa plat nomor kendaraan memiliki area yang dikelilingi garis putih. Area tersebut akan dilakukan proses pemotongan dan dijadikan sebagai kandidat plat nomor kendaraan untuk lakukan segmentasi citra dan ekstraksi ciri.



Gambar 3.3 Hasil Deteksi Tepi Menggunakan Metode Sobel

Dari hasil *cropping* plat nomor dihasilkan citra pada gambar 3.4 masih terdapat beberapa selain huruf dan angka. Area tersebut akan dihilangkan pada tahap *preprocessing*.



Gambar 3.4 Hasil *Cropping* Citra Pelat Nomor Kendaraan Mobil

Area yang lebih besar dan lebih kecil dari luas area karakter huruf dan angka pada plat nomor kendaraan akan dihilangkan.



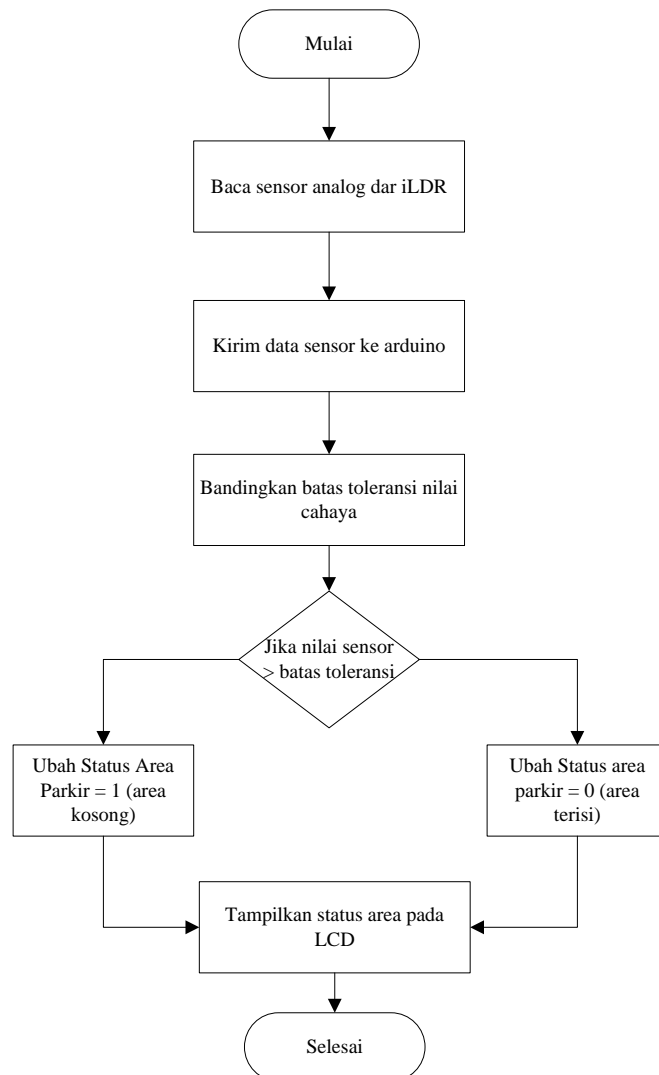
Gambar 3.5 Hasil *Image Preprocessing*

Segmentasi citra digunakan untuk memisahkan antar karakter (huruf dan angka) pada pelat nomor kendaraan. Setelah karakter terpisah selanjutnya dilakukan ekstraksi ciri dan pengenalan karakter oleh jaringan syaraf tiruan (JST). Dari hasil pengolahan citra karakter pada pelat nomor kendaraan terbaca '81884NJ8', masih terdapat tiga karakter yang salah terbaca pada pelat nomor kendaraan, yaitu pada huruf B dan angka 9 yang dikenali sebagai angka 8. Kesalahan

pembacaan masih terjadi karean pemilihan jumlah *epoch* dan *learning rate* serta kesalahan pemilihan data untuk proses pelatihan jaringan.

### 3.2 Model Konseptual Deteksi Area Parkir yang Kosong

Pada masing-masing area parkir nantinya akan dipasang sensor cahaya, sensor cahaya akan mengirimkan nilai intensitas cahaya ke arduino. Di dalam arduino nilai intensitas cahya akan dibandingkan dengan batas nilai toleransi cahaya ketika di tempat parkir ada mobil atau tidak, ketika nilai cahaya yang diterima oleh sensor cahaya dibawah batas toleransi maka di area tersebut dianggap ada mobil yang menempati, dan jika nilai intensitas cahaya yang diterima sensor cahaya maka area tersebut dianggap belum ditempati oleh mobil. Semua status tempat parkir apakah ditempati mobil atau tidak akan ditampilkan ke sebuah papan penunjuk LCD sehingga diharapkan nantinya dapat mempermudah pengguna menemukan tempat parkir yang masih kosong.



Gambar 3.6 Model Konseptual Deteksi Area Parkir Kosong

#### 4. Hasil

Untuk pengujian jaringan dilakukan untuk karakter yang digunakan untuk proses pelatihan jaringan dan 15 pelat nomor kendaraan yang berbeda.

Tabel 4.1 Hasil Pembacaan Pelat Nomor Kendaraan oleh Jaringan

No	Pelat nomor	Pelat nomor Terbaca
1	B8549GK	B8W48CK
2	B3860NOB	636H90MOO
3	B9017FDD	B8017F8Q
4	B1051WMH	OIDW1WMM
5	D1541ACF	Q1841ACF
6	H8538CH	H8838CH
7	B6178EA	O1878E*
8	B8717WD	P8717WD
9	BH1989UV	OH1686*K
10	B233TGS	O233XGS
11	L1569QD	L1308DO
12	B1472SOX	814T2SBX
13	B636RFP	BB36RFP
14	B1447KKF	81447KKF
15	B4444ARU	*4444ARU

Untuk pengenalan masing-masing karakter jaringan kohonen ini mampu mengenali keseluruhan karakter yang digunakan untuk proses pelatihan secara benar 100% sedangkan untuk pengenalan karakter pada pelat nomor kendaraan yang berbeda jaringan berhasil mengenali karakter pada pelat nomor kendaraan sebesar 71%.

#### 5. Kesimpulan

Jaringan kohonen dengan 1000 *epoch* dan *learning rate* 0,9 mampu mengenali secara keseluruhan karakter pelat nomor kendaraan yang digunakan untuk proses pelatihan jaringan, dan mampu mengenali secara benar sebesar 71% karakter pada pelat kendaraan yang lainya. Hal ini dikarenakan masih salahnya pemilihan data yang digunakan untuk melakukan proses pelatihan jaringan serta belum optimalnya jumlah *epoch* dan *learning rate* yang digunakan untuk melatih jaringan. Oleh karena penelitian ini akan dilanjutkan dengan optimasi jaringan kohonen dengan metode *design of experiment (DOE)* untuk menentukan seberapa besar jumlah *epoch* dan *learning rate* yang digunakan.

#### Daftar Pustaka

- Happiest Minds, 2014, Smart Parking, [online], ([www.happiestminds.com/whitepapers/smart-parking.pdf](http://www.happiestminds.com/whitepapers/smart-parking.pdf), diakses tanggal 4 Januari 2016).
- Purnamasari, A., 2012, Membangun Keunggulan Bersaing Melalui Customer Value, Skripsi, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Shaikh, F., Nikhilkumar, B., S., Kulkarni, O., Jadhav, P., Bandarkar, S., 2015, A Survey on Smart Parking System, *International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology (ISSN : 2319-8753)*, Vol.4, no. 10.
- Siang, J., J., 2005, *Jaringan Syaraf Tiruan dan Pemrogramanya Menggunakan Matlab*, 1<sup>st</sup> Ed, (diterjemahkan oleh : Andi offset), Yogyakarta : Andi Offset.
- Venkateswaran, V., dan Prakash, N., 2014, Intelligent Approach for Smart Car Parking Reservation and Security Maintenance System, *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(2), pp. 248 – 251.



## Perancangan Cara Meningkatkan Intensi *Knowledge Sharing* Pada Usaha Kecil dan Menengah Koperasi Peternak Sapi Bandung Utara

Elcha Ochi Siowkurur<sup>1</sup>, Ceicalia Tesavrita<sup>2</sup>, Catharina Badra Nawangpalupi<sup>3</sup>,  
Cindy Marika Amalia Wibowo<sup>4</sup>

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan  
Jl. Ciumbuleuit 94, Bandung 40141  
Telp.: (022) 203 2655  
E-mail: elchauchi.eos@gmail.com

### Intisari

*Koperasi Peternak Sapi Bandung Utara (KPSBU) merupakan salah satu pemasok susu sapi di Indonesia. Dalam pemenuhannya dibutuhkan pengetahuan serta pengembangannya agar susu yang diproduksi memiliki kualitas serta jumlah yang cukup banyak. Di KPSBU, penyebaran dari pengetahuan dilakukan oleh tujuh penyuluh. Pengetahuan sebaiknya tersebar merata di antara kurang lebih 7.000 orang peternak. Jumlah dari penyuluh jika dibandingkan dengan peternak adalah 1:1.000. Pengetahuan tidak akan menyebar dengan merata jika peternak tidak ikut membagikan pengetahuan kepada sesama peternak. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan meningkatkan intensi peternak dalam membagikan pengetahuannya dengan peternak lainnya. Model yang digunakan adalah Theory of Reasoned Action (TRA). Dalam meningkatkan intensi maka diperlukan beberapa variabel yang akan diuji pada peternak dalam KPSBU. Variabel tersebut di antaranya adalah trust, empowering leadership, formalization, reward system, motivation dan knowledge technology. Pengujian dilakukan dengan menggunakan metode Structural Equation Modeling (SEM). Berdasarkan hasil pengolahan didapatkan bahwa trust, reward system, motivation dan knowledge technology mempengaruhi intensi dari peternak untuk melakukan knowledge sharing atau intensi dalam membagikan pengetahuan. Hasil dari penelitian ini adalah pemberian usulan berdasarkan hasil dari pengolahan data yang dilakukan. Usulan yang diberikan adalah penyuluh dapat memberikan insentif untuk peternak yang secara aktif membagikan pengetahuannya, penyuluh dapat memberikan pengakuan seperti pujian-pujian kepada peternak ketika peternak membagikan pengetahuannya, membuat suatu teknologi informasi yang selalu diinovasikan serta digunakan secara konsisten, mengadakan suatu kegiatan bersama agar peternak dapat meluangkan waktu untuk bertemu dengan peternak lainnya dan berbagi pengetahuannya serta pengalamannya, membangun motivasi diri dari peternak untuk mau membagikan pengetahuan serta pengalaman yang dimilikinya.*

*Kata Kunci: knowledge sharing, knowledge sharing intention, structural equation modeling, koperasi, TRA*

### 1. Pendahuluan

Perkembangan teknologi dan informasi menuntut suatu organisasi untuk selalu dapat berkembang. Orr dan Persson (2003) mengatakan bahwa organisasi-organisasi telah menyadari bahwa untuk mampu bersaing dalam kondisi pasar yang berkembang secara cepat, dibutuhkan pengembangan kompetensi dan pengetahuan yang ada dalam organisasi. Oleh karena itu, pengetahuan yang ada di dalam suatu organisasi haruslah dimiliki oleh seluruh anggota organisasi. Pengetahuan terbagi menjadi dua, yaitu *tacit (non-condifiable)* dan *explicit knowledge* (Nonaka & Takeuchi, 1991). *Explicit knowledge* merupakan ilmu yang didapatkan dengan membaca buku dan referensi seperti penelitian yang telah dilakukan. Sedangkan *tacit knowledge*



merupakan suatu pengetahuan yang tidak didapatkan hanya dengan membaca buku. *Tacit knowledge* didapatkan berdasarkan pengalaman, baik pengalaman pribadi maupun pengalaman dari orang lain yang dapat dijadikan sebagai tambahan ilmu. *Tacit knowledge* akan menempel pada seorang individu. Dalam suatu organisasi, jumlah dari anggota organisasi dapat berubah-ubah dimana terdapat anggota yang keluar dan masuk ke dalam suatu organisasi. Anggota yang keluar dari organisasi akan mengakibatkan pengetahuan berupa *tacit knowledge* hilang dari organisasi. Oleh karena itu, *knowledge sharing* tidak hanya melakukan perpindahan pengetahuan *explicit knowledge* tetapi juga melakukan perpindahan dari *tacit knowledge*.

Shelda Debowski (2006) mengatakan bahwa perkembangan dalam suatu perusahaan dapat terjadi jika perusahaan memiliki *knowledge sharing*. Dengan adanya perkembangan dalam perusahaan maka kinerja perusahaan juga akan berkembang. Terdapat suatu penelitian yang telah dilakukan oleh Plessis (2007) yang menyimpulkan bahwa *knowledge sharing* adalah jalan terbaik yang dilakukan untuk manajerial dalam meningkatkan kinerja perusahaan karena dengan menerapkan *knowledge sharing* pada perusahaan memberikan kinerja positif bagi perusahaan. Untuk melakukan *knowledge sharing* maka intensi atau niat dari seseorang dalam melakukan *knowledge sharing* perlu untuk diidentifikasi.

Di Indonesia kebutuhan dari susu sapi tidak dapat terpenuhi oleh susu hasil lokal. Berdasarkan hasil konferensi pers di Kantor Kementerian Pertanian pada tahun 2014, diketahui bahwa konsumsi susu di Indonesia mencapai 3 juta ton per tahun dan sekitar 1.8 juta sampai dengan 2 juta ton berasal dari impor. Jumlah susu yang sedikit dikarenakan ketidakmampuan penyediaan susu oleh peternak susu sapi perah yang ada di Indonesia. Salah satu pemenuhan susu sapi di Indonesia dilakukan oleh koperasi susu. Pemenuhan kebutuhan susu sebaiknya dilakukan dengan melakukan perkembangan-perkembangan mengenai metode pengolahan susu sapi perah yang diketahui secara merata oleh seluruh peternak. Pengetahuan mengenai proses pemerahan susu, dan perawatan dari sapi serta kandang yang tersebar secara rata maka kemampuan peternak akan sama yaitu menghasilkan produk susu dengan kualitas yang baik serta jumlah yang sama. Dalam melakukan perkembangan, *knowledge sharing* dibutuhkan dalam suatu koperasi agar pengetahuan yang dimiliki dapat tersebar untuk seluruh peternak.

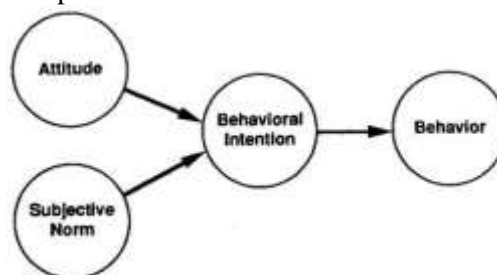
## 2. Metodologi

### 2.1 Model Penelitian

Model penelitian yang digunakan adalah *Theory of Reasoned Action* atau yang dapat disingkat menjadi TRA. Menurut Fishbein & Ajzen (1975) mengatakan bahwa model TRA merupakan model dari perilaku individu yang ditentukan oleh kehendak atau niat berperilaku. TRA telah terbukti mampu memprediksi perilaku individu dalam *setting social* (Sheppard et al, 1988). Fishbein & Ajzen (1975) mengspesifikasikan bahwa terdapat tiga ikatan kondisi yang dapat berpengaruh terhadap besarnya hubungan antara *intension* dan *behavior*. Ketiga hal tersebut dapat dilihat pada poin sebagai berikut:

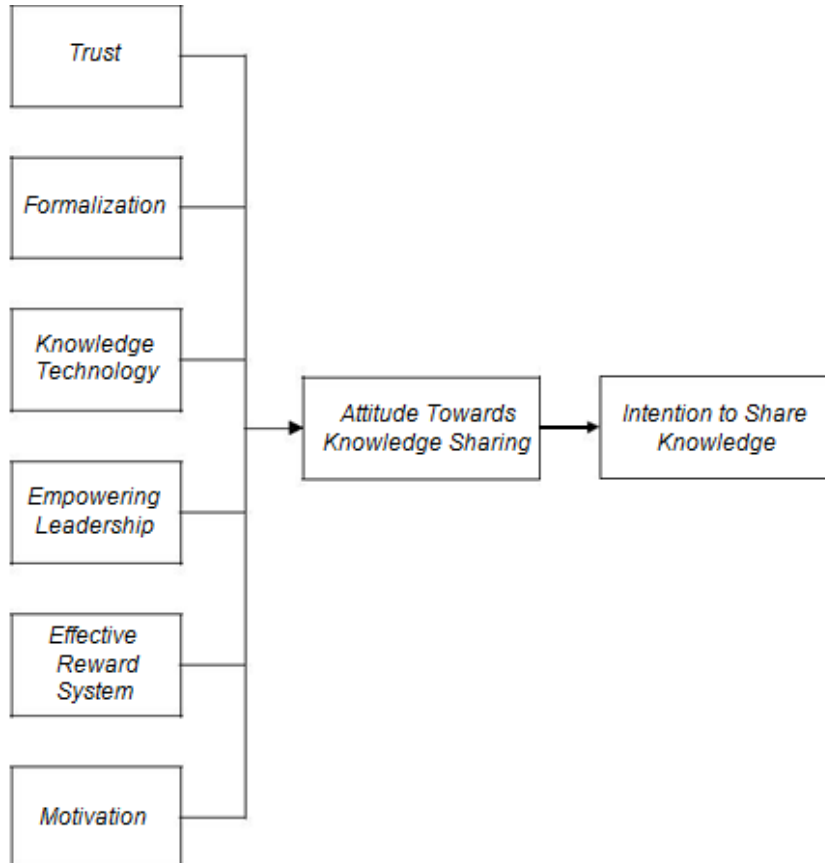
3. Tingkat dimana ukuran niat dan kriteria perilaku berkaitan dengan tingkat kekhususannya
4. Stabilitas niat antara waktu pengukuran dan kinerja perilaku .
5. Sejauh mana melaksanakan niat berada di bawah kendali kehendak individu.

Model TRA dapat dilihat pada Gambar 1 di bawah ini:



Gambar 1 Model *Theory Of Reasoned Action*  
(Sumber: Madden, Ellen & Ijzen, 2003, h.4)

Model yang digunakan dalam penelitian adalah model yang dihasilkan dari penelitian yang berjudul “*Perspectives of SMEs on Knowledge Sharing*”. Eze et al (2013) memilih UKM di Malaysia sebagai objek dari penelitian yang dilakukannya. Selain itu, penjabaran serta hasil dari penelitian jurnal sangat baik dan terjabar dengan jelas. Analisis jurnal dari penelitian ini merupakan jurnal yang termasuk baru karena dikeluarkan pada tahun 2013. Eze et al (2013) menggunakan model *theory of reasoned action* atau yang dapat disingkat dengan TRA sebagai dasar dari penelitian yang digunakan. Model yang dihasilkan dari jurnal ini dapat dilihat pada Gambar 2 di bawah ini:



Gambar 2 Model *Knowledge Sharing* Dalam Penelitian Eze et al  
 (Sumber: Eze et al, 2013, h.217)

## 2.2 Pengumpulan Data

Dalam pembuatan kuesioner, *measurement unit* merupakan dasar yang harus diketahui dan dipahami pengertiannya. *Measurement unit* juga digunakan dalam penelitian skripsi dimana *measurement unit* yang digunakan berdasarkan pada *measurement unit* pada penelitian jurnal. *Measurement unit* akan dibuat kode yang bertujuan untuk mempermudah proses pengolahan data berikutnya. *Measurement unit* yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 1 di bawah ini:

Tabel 1 *Measurement Unit* dengan Kode yang Digunakan

Variabel	Measurement Units	Kode
Formalization	Terdapat suatu tata urutan pekerjaan dari koperasi dalam menjadi anggota dalam koperasi	FOR 1
	Terdapat suatu aturan yang mengatur pekerjaan yang dilakukan oleh peternak	FOR 2
	Informasi yang dibutuhkan dalam melakukan pekerjaan ditetapkan oleh pihak inti koperasi	FOR 3
	Penyuluh yang memutuskan bagaimana peternak melaksanakan tugas-tugasnya	FOR 4



<i>Variabel</i>	<i>Measurement Units</i>	<i>Kode</i>
<i>Knowledge Technology</i>	Terdapat suatu teknologi informasi yang dapat digunakan untuk mempermudah dan mempercepat proses berbagi pengetahuan dan pengalaman kepada peternak lainnya	KT 1
	Pihak koperasi memiliki kemampuan dalam menggunakan dan memelihara teknologi yang membantu peternak dalam berbagi pengetahuan dan pengalaman	KT 2
	Pihak koperasi selalu memperbaharui kegiatan dari teknologi yang digunakan dalam berbagi pengetahuan dan pengalaman yang efektif	KT 3
	Terdapat suatu kegiatan bersama yang digunakan dalam berbagi pengalaman dan pengetahuan kepada peternak lainnya	KT 4
<i>Motivation</i>	Saya mendapatkan pengakuan dari peternak lainnya ketika berbagi pengetahuan dan pengalaman	MOT 1
	Saya suka ketika dipuji oleh pihak koperasi dalam membagikan pengetahuan dan pengalaman	MOT 2
	Saya suka jika peternak lainnya menghargai saya ketika saya membagi pengetahuan dan pengalaman	MOT 3
	Saya suka ketika peternak lainnya mendapatkan keuntungan dari pengetahuan dan pengalaman yang telah saya bagikan	MOT 4
	Saya merasa sangat puas dan senang ketika membagikan pengetahuan dan pengalaman kepada peternak lainnya	MOT 5
	Berbagi pengetahuan merupakan hal penting dalam pekerjaan saya menjadi peternak	MOT 6
	Saya merasa diri saya sangat berguna ketika dapat memberikan pengetahuan kepada peternak lainnya	MOT 7
<i>Reward System</i>	Dengan berbagi pengetahuan akan membuat peternak mendapatkan keuntungan seperti promosi jabatan atau akan mendapatkan penghargaan	RS 1
	Saya akan mendapatkan bonus yang besar ketika membagikan pengetahuan dan pengalaman kepada sesama peternak	RS 2
	Akan terdapat kesempatan naik jabatan untuk peternak jika membagikan pengetahuan dan pengalamannya kepada sesama peternak	RS 3
	Akan terdapat kesempatan naik jabatan untuk peternak jika membagikan pengetahuan dan pengalamannya kepada seseorang yang bukan merupakan peternak (contoh masyarakat sekitar)	RS 4
	Saya mendapatkan keamanan mengenai pekerjaan yang saya lakukan ketika saya membuat suatu pengetahuan baru	RS 5
	Saya mendapatkan keamanan mengenai pekerjaan yang saya lakukan ketika saya berbagi pengetahuan dan pengalaman kepada peternak lainnya	RS 6
	Saya mendapatkan pengakuan dari pihak koperasi ketika memberikan pengetahuan dan pengalaman kepada sesama peternak	RS 7
	Saya mendapatkan teman sesama peternak yang banyak ketika membagikan pengetahuan dan pengalaman	RS 8
	Saya mendapatkan reputasi yang baik di antara peternak ketika membagikan pengetahuan dan pengalaman	RS 9
	Saya mendapatkan balasan atau memiliki hubungan timbal balik dengan peternak yang saya berikan pengetahuan serta pengalaman	RS 10
<i>Trust</i>	Saya berbagi ide kepada teman-teman dekat saya sesama peternak dalam koperasi	TRU 1
	Lingkungan peternakan memupuk rasa kepercayaan antara peternak untuk mendukung proses berbagi pengetahuan dan pengalaman yang efektif	TRU 2
	Saya menghargai kejujuran dari peternak lainnya ketika peternak lainnya membagikan pengetahuan dan pengalamannya	TRU 3



<i>Variabel</i>	<i>Measurement Units</i>	<i>Kode</i>
	Hal yang penting bagi saya dalam bekerja adalah saya akan menepati janji yang telah saya buat dengan peternak lainnya	TRU 4
	Peternak harus konsisten dalam melakukan hal-hal yang terkait dengan pekerjaan	TRU 5
	Kejujuran dalam berhadapan dengan peternak lainnya merupakan hal yang penting bagi saya	TRU 6
<i>Empowering Leadership</i>	Lingkungan pekerjaan saya memiliki ekspektasi yang tinggi terhadap hasil dari pekerjaan saya	EL 1
	Pekerjaan saya membebaskan saya untuk membuat keputusan yang terkait dengan pekerjaan	EL 2
	Lingkungan pekerjaan saya mendorong penguatan diri anggota dalam suatu kelompok untuk melakukan pekerjaan yang efektif	EL 3
	Lingkungan pekerjaan saya mendorong saya untuk menjadi kritis dalam membuat solusi dari permasalahan saya	EL 4
	Penyuluh dapat mendorong peternak untuk melakukan inisiatif	EL 5
	Lingkungan pekerjaan saya memberikan saya kesempatan untuk bereksperimen dengan ide-ide yang inovatif	EL 6
<i>Attitude Knowledge Sharing</i>	Berbagi pengetahuan dengan peternak lainnya meningkatkan hubungan antar sesama dalam beternak	AKS 1
	Saya merasa tidak ada salahnya untuk membagikan pengetahuan dengan peternak lainnya	AKS 2
	Berbagi pengetahuan dan pengalaman dengan peternak lainnya merupakan hal yang menyenangkan untuk dilakukan	AKS 3
	Saya menganggap melakukan pertukaran pengetahuan dan pengalaman merupakan suatu nilai yang penting	AKS 4
	Berbagi pengetahuan dengan peternak lainnya merupakan langkah yang bijak	AKS 5
<i>Intention to Share Knowledge</i>	Saya ingin berbagi pengalaman pribadi saya dengan rekan-rekan dekat saya	KSI 1
	Saya ingin berbagi ilmu yang saya peroleh dari luar organisasi saya kepada rekan-rekan saya	KSI 2
	Saya ingin berbagi keahlian saya pada proses kerja dengan rekan-rekan saya yang mendukung kegiatan pekerjaan saya	KSI 3
	Saya ingin berbagi pengetahuan saya yang saya dapatkan dari menghadiri pelatihan kepada rekan-rekan saya	KSI 4
	Saya ingin berbagi ide dan pikiran dengan rekan-rekan saya untuk memungkinkan proses kerja yang lebih baik dan hasil dari pekerjaan	KSI 5
	Saya akan selalu berencana untuk berbagi pengetahuan saya dengan rekan-rekan saya	KSI 6
	Saya akan mencoba untuk berbagi pengalaman dan pengetahuan saya dengan rekan-rekan saya, jika mereka meminta untuk itu	KSI 7

Metode *sampling* yang digunakan adalah *proportionate stratified random sampling*. Metode ini dilakukan dengan memberikan persentase berdasarkan wilayah yang dipegang oleh penyuluh berdasarkan jumlah peternak pada wilayah penyuluh tersebut. Hal ini dilakukan karena proses penyebaran pengetahuan dibagi berdasarkan jumlah penyuluh yang terdapat dalam koperasi. Dengan menggunakan asumsi ini maka untuk mendapatkan hasil penelitian yang baik jumlah dari sampel yang harus dikumpulkan adalah sebesar 100 sampai dengan 200 sampel. Sehingga dalam penelitian ini jumlah yang ingin didapatkan adalah sekitar 150 peternak. Tabel dari proporsi dan jumlah peternak pada wilayah penyuluh dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini:





Tabel 2 Proporsi dan Jumlah Peternak dalam Wilayah Penyuluh

No.	Nama Penyuluh	Total Keseluruhan Peternak	Persentase Sampling per Wilayah	Jumlah Sampel
1	Didik Hadiyana	1060	18%	18
2	Toto	1133	20%	29
3	Dikiardiansyah	911	16%	24
4	Yoga	860	15%	22
5	Budi Santosa	832	14%	22
6	Deden Nurahman	705	12%	18
7	Imanudin	284	5%	7

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.3 Uji Validitas

Uji validitas dari kuesioner dilakukan dengan menggunakan metode *pearson corellation*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan Excel dengan rumus *correl*. Nilai *correl* akan dihubungkan antara nilai hasil kuesioner setiap responden dari variabel manifes dengan total variabelnya. Sebagai contoh nilai FOR1 akan dihubungkan dengan total nilai FOR1, FOR2, FOR3 dan FOR4 setiap respondennya.

Hasil dapat dikatakan valid apabila nilai lebih besar dari nilai *r*. Nilai *r* yang digunakan adalah nilai *r* dengan jumlah *N* sebanyak 163 dan sig sebesar 5%. Nilai *r* tersebut adalah 0,153. Seluruh variabel memiliki nilai korelasi yang lebih besar dari 0,153 sehingga seluruh variabel dapat dinyatakan valid.

#### 3.4 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas yang dilakukan bertujuan untuk melihat apakah kuesioner yang digunakan memiliki kekonsistenan yang baik dan dapat diandalkan. Uji reliabilitas dan validitas dilakukan dengan melihat nilai dari *Cronbach's alfa*. Perhitungan nilai *Cronbach's alfa* dilakukan dengan menggunakan SPSS. Nilai *Cronbach's alfa* secara keseluruhan untuk 47 *items* adalah 0,718. Nilai dari *Cronbach's alfa* kemudian dibandingkan dengan suatu standar. Berdasarkan standar yang ditetapkan oleh Brownlow dan Hilton (2004), nilai *Cronbach's alfa* yang berada pada rentang  $0,7 \leq \alpha < 0,9$  dapat diartikan sebagai reliabilitas tinggi.

#### 3.5 Pengujian Asumsi SEM

Langkah berikutnya adalah melakukan pengujian asumsi SEM. Pada langkah ini dilakukan pengujian normalitas dengan melihat nilai *skewness*, *kurtosis* dan *significance*. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan SPSS. Nilai dari signifikansi berdasarkan hasil SPSS adalah 0 dimana jika nilai signifikansi lebih kecil dari nilai alfa yang digunakan (0,05) maka dapat disimpulkan data berdistribusi tidak normal. Walaupun data tidak berdistribusi normal, namun data tetap dapat digunakan karena data yang tidak berdistribusi normal namun memiliki nilai absolut *skewness* yang tidak lebih dari dua dan nilai absolut *kurtosis* yang tidak lebih dari tujuh tetap dapat menggunakan metode *maximum likelihood*, sehingga data yang dikumpulkan dapat diasumsikan berdistribusi normal (West,1995).

#### 3.6 Pengujian Model Fit

Setelah melakukan pengujian asumsi SEM dapat dilihat bahwa asumsi SEM dapat terpenuhi. Langkah berikutnya yang dapat dilakukan adalah melakukan pengujian *model fit*. Dalam pengujian ini akan dilihat apakah *model fit* dengan data yang tersedia atau pengujian validitas *measurement model*. Pengujian *model fit* ini dilakukan dengan beberapa metode. Pengolahan dilakukan dengan menggunakan AMOS.

Dalam pengujian bila dihasilkan bahwa model belum *fit* maka model sebaiknya diperbaiki. Perbaikan dilakukan dengan menghapus hubungan pada model penelitian. Variabel dengan nilai *estimate* lebih kecil dari 0,5 dapat dinyatakan bahwa variabel manifes tersebut tidak berkontribusi dalam membentuk konstruk terkait. Apabila terdapat lebih dari satu variabel manifes dengan nilai *estimate* lebih kecil dari 0,5, penghapusan dilakukan terhadap variabel manifes dengan kontribusi terendah terlebih dahulu. Perbaikan model dalam penelitian ini

dilakukan hingga diperoleh model ke-6. Hasil akhir dari pengujian *model fit* dapat dilihat pada Tabel 3 di halaman A-007.

Berdasarkan metode CMIN, model dinyatakan *fit* karena nilai dari *default model* berada di antara nilai *saturated model* dan *independence model*. Berdasarkan metode *Baseline Comparison*, model dinyatakan tidak *fit* karena nilainya di bawah 0,9. Berdasarkan metode RMSEA, model dinyatakan tidak *fit* karena nilainya di atas 0,05. Berdasarkan metode AIC dan ECVI, model dinyatakan *fit* karena nilai dari *default model* lebih kecil dari *independence model* atau *saturated model*. Dengan diperolehnya kesimpulan bahwa *model fit* berdasarkan tiga metode dari lima metode yang digunakan, model dianggap layak untuk menggambarkan objek penelitian berdasarkan data yang ada.

Tabel 3 Hasil Pengujian *Model Fit* Ke-6 beserta Kesimpulannya

Metode	Nilai	Kesimpulan
CMIN	4883,073	Model <i>fit</i>
<i>Baseline Comparison</i>	NFI	0,181
	RFI	0,093
	CFI	0,197
RMSEA	0,17	Model tidak <i>fit</i>
AIC	5153,073	Model <i>fit</i>
ECVI	31,614	Model <i>fit</i>

### 3.7 Uji Hubungan Berdasarkan Hasil *Regression Weight*

Langkah berikutnya adalah melihat hubungan antara variabel *dependent* dengan variabel *independent* dalam model. Apakah hubungan yang terjadi signifikan dan erat antara variabel *dependent* dengan variabel *independent*. Hipotesis yang digunakan dapat dilihat sebagai berikut :

$H_0$  : Tidak ada hubungan antara variabel *independent* dengan *dependent*.

$H_1$  : Ada hubungan antara variabel *independent* dengan *dependent*.

Hipotesis ini memiliki kesimpulan berdasarkan nilai dari P dalam tabel *regression weight*. Jika nilai dari  $P > 0,05$  maka  $H_0$  tidak ditolak tetapi jika nilai  $P < 0,05$  maka  $H_0$  ditolak. Sebagian besar, terdapat hubungan antara variabel *independent* dengan *dependent* kecuali untuk beberapa pasang variabel *independent* dengan *dependent* yang dicantumkan pada Tabel 4 di bawah ini:

Tabel 4 Variabel *Independent* dengan *Dependent* yang Tidak Memiliki Hubungan

<i>Dependent</i>		<i>Independent</i>		<i>Dependent</i>		<i>Independent</i>
AKS	←	EL		EL3	←	EL
RS1	←	RS		EL2	←	EL
TRU3	←	TRU		EL1	←	EL
EL5	←	EL		KSI2	←	KSI
EL4	←	EL		KSI5	←	KSI

Variabel yang tidak saling memiliki hubungan merupakan variabel yang bukan menjadi bagian yang mendukung atau mendorong intensi peternak dalam membagikan pengetahuan serta pengalaman yang dimiliki.

### 3.8 Model Akhir Penelitian

Pada hasil proses pengujian *model fit* serta pengujian hubungan akan didapatkan model akhir dari penelitian. Berdasarkan model akhir yang terbentuk, dapat diketahui bahwa *knowledge technology*, *motivation*, *reward system*, dan *trust* memiliki hubungan dengan *attitude towards knowledge sharing* dimana *attitude towards knowledge sharing* memiliki hubungan dengan *knowledge sharing intention*. Model dapat dilihat pada Gambar 3 di halaman A-010.

### 3.9 Penentuan Prioritas Usulan Perbaikan

Model penelitian akhir yang terbentuk menunjukkan bahwa terdapat 30 variabel manifes yang memengaruhi kelima konstruk. Untuk menentukan prioritas perbaikan, perlu mempertimbangkan nilai korelasi dan performansi dari masing-masing variabel manifes. Nilai-nilai tersebut kemudian di-plot dengan korelasi sebagai sumbu x dan performansi sebagai sumbu



y. Hasil *plotting* kemudian diklasifikasikan ke dalam empat buah kuadran. Kuadran I merepresentasikan variabel manifes yang memiliki performansi tinggi dan korelasi rendah. Kuadran II merepresentasikan variabel manifes yang memiliki performansi tinggi dan korelasi tinggi. Kuadran III merepresentasikan variabel manifes yang memiliki performansi rendah dan korelasi rendah. Kuadran IV merepresentasikan variabel manifes yang memiliki performansi rendah dan korelasi tinggi. Variabel manifes yang berada pada Kuadran IV akan menjadi prioritas pertama untuk diperbaiki, diikuti oleh variabel manifes yang berada pada Kuadran III, Kuadran II, dan Kuadran I secara berurutan.

Usulan perbaikan yang diusulkan dalam penelitian juga mempertimbangkan usulan-usulan yang *feasible* untuk diimplementasikan. Dalam penelitian ini, diusulkan lima buah usulan perbaikan yang berkaitan dengan *reward system*, *knowledge technology*, dan *motivation*.

#### **4. Kesimpulan dan Saran**

##### **4.1 Kesimpulan**

Kesimpulan yang didapatkan berdasarkan hasil pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan dapat dilihat pada poin-poin sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengolahan data, variabel yang berpengaruh di dalam KPSBU adalah *knowledge technology*, *motivation*, *reward system*, dan *trust*.
2. Usulan untuk memperbaiki intensi *knowledge sharing* dalam koperasi antar peternak juga dilakukan berdasarkan hasil dari faktor yang mempengaruhi. Hasil dari usulan yang diberikan dapat dilihat pada poin-poin sebagai berikut:
  1. Penyuluh dapat memberikan pengakuan seperti pujian-pujian kepada peternak ketika peternak membagikan pengetahuannya.
  2. Penyuluh dapat memberikan insentif untuk peternak yang secara aktif membagikan pengetahuannya.
  3. Membuat suatu teknologi informasi yang selalu diinovasikan serta digunakan secara konsisten. Teknologi informasi dapat berupa media sosial, majalah serta radio.
  4. Mengadakan suatu kegiatan bersama agar peternak dapat meluangkan waktu untuk bertemu dengan peternak lainnya dan berbagi pengetahuannya serta pengalamannya.
  5. Membangun motivasi diri dari peternak untuk mau membagikan pengetahuan serta pengalaman yang dimilikinya.

##### **4.2 Saran**

Saran yang dapat diberikan untuk penelitian berikutnya dapat dilihat pada poin-poin sebagai berikut.

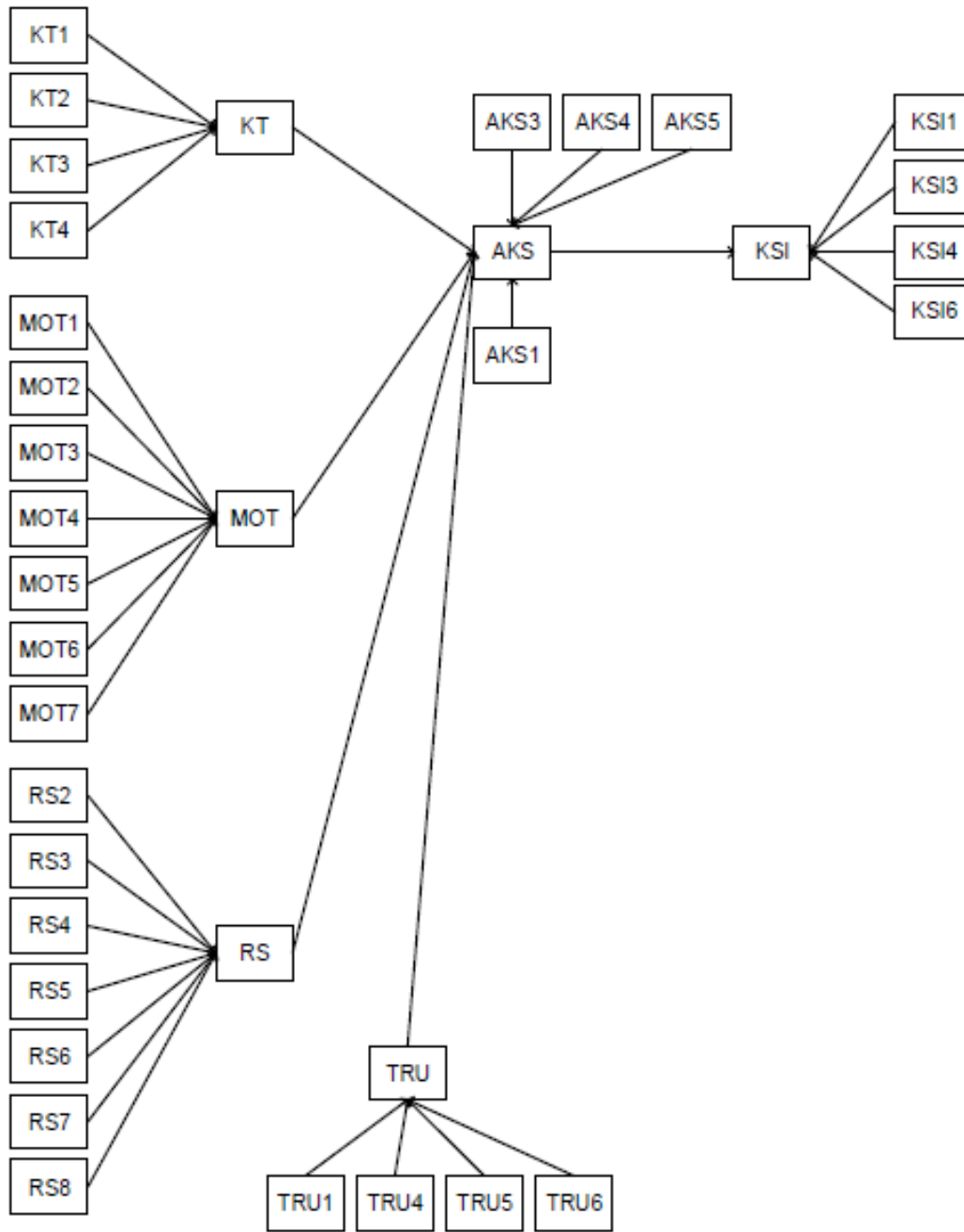
1. Kuesioner yang digunakan sebaiknya interaktif dan menarik karena melihat dari jumlah pertanyaan yang diajukan peternak yang merupakan objek penelitian dapat menjadi bosan dan menjawab dengan tidak serius.
2. Penyebaran kuesioner sebaiknya ditemani oleh seorang penyuluh tetapi sebaiknya penyuluh tidak berada di sekitar responden saat pengumpulan dengan kuesioner dilakukan. Jika penyuluh berada di sekitar responden hasil yang didapatkan akan menjadi tidak jujur karena terkadang peternak merasa tidak enak dengan jawabannya. Penyuluh tetap harus mengantarkan karena tanpa adanya penyuluh peternak biasanya tidak mau mengisi kuesioner yang diberikan.
3. Pertimbangan hal lainnya yang dapat mempengaruhi peternak dalam membagikan pengetahuannya seperti demografi dari peternak seperti umur. Pertimbangan dari demografi dapat dilakukan dengan membuat suatu tabulasi silang.
4. Selain itu, pertimbangan lain dapat diberikan berdasarkan pada halangan atau antecedent bagi peternak dalam membagikan pengetahuannya. Halangan tersebut dapat berupa jarak dan waktu.
5. Analisis dari perbedaan pola di antara penyuluh dapat dilakukan pada penelitian berikutnya.



### Daftar Pustaka

- Debowski, S., 2006, *Knowledge Management*, Australia: John Wiley & Sons Australia, Ltd.
- Eze U.C, Goh G.G.G, Goh C.Y, and Tan T.L, 2013, Perspective of SME's on Knowledge Sharing. *Emerald Insight*. 110. pp.611-631.
- Fishbein, M. & Ajzen, I., 1975, *Belief, attitude, intention, and behavior: An Introduction to Theory and Research*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Hilton, P.R. dan Brownlow, C., 2004, *SPSS Explained*, p.364. Oxford: Routledge.
- Nonaka, I. and Takeuchi, H., 1991, *The Knowledge-creating Company*, Oxford University Press, Oxford.
- Orr, E., and Persson, M., 2003, *Performance Indicators for Measuring Performance of Activities in Knowledge Management Projects*, Master Thesis, Departement of Informatics, University of Gothenburg.
- Plessis, M. D., 2007, The Role of Knowledge Management in Innovation, *Journal of Knowledge Management*, Vol. 11, No.4, pp. 20-29, doi: 10.1108/13673270710762684.
- Santoso, S., 2010, *Statistik Multivariat Konsep dan Aplikasi dengan SPSS*, PT Elex Media Komputindo, Jakarta.
- Shepard, B.H., Hartwick, J., and Warshaw, P. R., 1988, The theory of reasoned action: A meta-analysis of past research with recommendations for modifications and future research". *Journal of Consumer Research*, Vol. 15 No. 3, pp. 325-343.
- West, Stephen G., Finch F., John F., et al., 1995, *Structural Equation Models with Nonnormal Variables: Problems and Remedies*, *Structural Equation Modeling: Concept Issues and Application*. pp: 56-75.





Gambar 3 Model Akhir

*Halaman ini sengaja dikosongkan*





YOGYAKARTA, 27 OKTOBER 2016

SEMINAR NASIONAL TEKNIK INDUSTRI UGM 2016  
[SENTI-UGM 2016]  
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI  
DEPARTEMEN TEKNIK MESIN DAN INDUSTRI  
FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS GADJAH MADA  
JL. GRAFIKA 2 YOGYAKARTA 55281  
EMAIL : senti.ft@ugm.ac.id  
FAX : (0274) 521673  
WEB : senti.ft.ugm.ac.id

ISBN 978-602-734-313-9



9 786027 343139