



TESIS - PM7501

**EFISIENSI DAN PENINGKATAN KUALITAS
PRODUKSI KERTAS *FOODGRADE* MENGGUNAKAN
LEAN-SIX SIGMA DI PT. PABRIK KERTAS TJIWI
KIMIA**

ASADIAN PUJA ENGGITA

NRP.09211650013043

DOSEN PEMBIMBING

Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc.(Eng.)

DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2018

**EFISIENSI DAN PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI
KERTAS *FOODGRADE* MENGGUNAKAN LEAN-SIX SIGMA**

DI PT. PABRIK KERTAS TJIWI KIMI

Tesis ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Menejemen Teknologi (M.MT)

di

Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh:

ASADIAN PUJA ENGGITA

09211650013043

Tanggal Ujian : 9 Juli 2018

Periode : September 2018

Disetujui Oleh :

1. Dr. Ir. Mokli. Suef, M.Sc (Eng)
NIP. 196506301990031002

(Pembimbing)

2. Prof. Dr. Drs) M. Isa Irawan, MT
NIP. 196312251989031001

(Penguji)

3. Nani Kurniati, ST, MT, PhD
NIP. 197504081998022001

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Menejemen Teknologi

Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng.Sc

NIP.195903318 1987011001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah segala puji syukur penulis ucapkan kepada Allah SWT atas curahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “EFFISIENSI DAN PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI KERTAS *FOODGRADE* DENGAN MENGGUNAKAN *LEAN SIX SIGMA* DI PT. PABRIK KERTAS TJIWI KIMIA”. Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah membantu dan memberikan dukungan dalam penyusunan tesis. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Ayah, Ibu, Istri, dan Anak tercinta yang telah memberikan dukungan dan doanya kepada penulis untuk menyelesaikan tesis.
2. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suf, M.Sc (Eng) sebagai kepala MMT-ITS dan selaku dosen pembimbing thesis yang telah memberikan banyak arahan dan bimbingannya dalam pengerjaan tesis ini.
3. Teman – teman angkatan Manajemen Industri yang telah banyak membantu dari proses perkuliahan sampai penyelesaian tesis.
4. Teman – teman staff menejemen produksi PM1 PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia yang telah banyak memberikan dukungan, ide serta gagasannya dalam menyelesaikan tesis.
5. Seluruh keluarga besar MMT - ITS, para dosen pengajar, karyawan, dan mahasiswa yang telah banyak memberi ilmu dan bantuan selama penulis menempuh kuliah.

Penulis menyadari bahwa dalam tesis ini masih banyak kekurangan, oleh karena itu kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan. Semoga tesis ini dapat memberikan manfaat untuk perkembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, Juli 2018

Penulis

**EFISIENSI DAN PENINGKATAN KUALITAS PRODUKSI
KERTAS *FOODGRADE* MENGGUNAKAN *LEAN-SIX SIGMA*
DI PT. PABRIK KERTAS TJIWI KIMIA**

Nama : Asadian Puja Enggita

NRP : 0911650013043

Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc. (Eng.)

ABSTRAK

PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia merupakan perusahaan manufaktur kertas terbesar di Indonesia. *Paper machine* 1 (PM 1) adalah salah satu aset yang dimiliki perusahaan. Dilihat dari *annual report* PM 1 mengalami penurunan dalam segi kualitas dan efisiensi (*lead time*). Penurunan pada segi kualitas ditunjukkan dari data meningkatnya *broke rate* dari 13,60% pada tahun 2016 menjadi 15,75% pada tahun 2017. Sedangkan penurunan dari segi efisiensi (*lead time*) ditunjukkan dari data meningkatnya *lose time*, WIP, dan menurunnya *output* dari 4032 menit, 984 unit dan 4838,9 unit/bulan pada tahun 2016 menjadi 10685 menit, 1003 unit, dan 4470,4 unit/bulan pada tahun 2017. Untuk mengurangi permasalahan yang ada saat ini di PM 1, dilakukan penelitian dengan menggunakan metode *lean-six sigma*. Integrasi *lean* dan *six sigma* dilakukan melalui tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*). Pada setiap tahapan yang ada di DMAIC terdapat *tools* yang digunakan dalam perbaikan. Pada permasalahan kualitas digunakan *tools chi-square* untuk menentukan faktor penyebab cacat sedangkan untuk permasalahan efisiensi (*lead time*) digunakan *tools value stream mapping*. Hasil identifikasi permasalahan kualitas dan efisiensi menunjukkan bahwa cacat potongan tidak rata/*dusting* dan *lead time* dalam bentuk *inventory* (WIP) adalah permasalahan yang paling dominan pada PM 1. Hasil implementasi usulan perbaikan menunjukkan terjadinya peningkatan *level sigma* dari 2,55 menjadi 2,67 dan *value added ratio* dari 2,78% menjadi 3,29%. Peningkatan *level sigma* dan *value added ratio* tersebut berimbas pada nilai *cost saving* pada rantai produksi PM 1 sebesar Rp. 1.971.598.853 per tahun

Kata Kunci: *lean, six sigma, lean six sigma*, perbaikan efisiensi dan kualitas, *cost saving*.

***EFFICIENCY AND QUALITY IMPROVEMENT OF
FOODGRADE PAPER PRODUCTION USING LEAN-SIX SIGMA
IN PT. PABRIK KERTAS TJIWI KIMIA***

Name : Asadian Puja Enggita
NRP : 0911650013043
Supervisor : Dr. Ir. Mokh. Suef, M.Sc. (Eng.)

ABSTRACT

PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia is the largest paper manufacturing company in Indonesia. Paper machine 1 (PM 1) is one of the assets owned by the company. From the annual report shown that quality and efficiency of PM 1 production system has decreased. The decrease in quality aspect is shown from broke rate from 13.60% in 2016 to 15.75% in 2017. While the decrease in efficiency (lead time) aspect is shown the increasing loss time, WIP, and decreasing output from 4032 minutes, 984 units and 4838.9 units / month in 2016 to 10685 minutes, 1003 units and 4470.4 units / month in 2017. To reduce the current problems in PM 1, we conducted a study using lean-six sigma method. The integration of lean and six sigma is done through the stages of DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, Control). At each stage in DMAIC there are tools used in the repair. In the quality problem used chi-square tools to determine the factors causing defect while for the problem of efficiency (lead time) used value stream mapping tools. The results of the identification of quality and efficiency problems show that the defect paper and lead time in inventory is the most dominant problem in PM 1. The result of the improvement shows the increase of sigma level from 2.55 to 2.67 and value added ratio from 2.78% to 3.29%. The increased sigma level and value added ratio impact on cost saving value on production floor of PM 1 equal to Rp. 1.971.598.853 per year.

Keywords: *lean, six sigma, lean six sigma, efficiency and quality improvement, cost saving.*

Daftar Isi

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK.....	ii
ABSTRACT.....	iii
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR TABEL	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Batasan dan Asumsi.....	4
1.6 Sistematika Penulisan Laporan	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Lean Thinking</i>.....	7
2.1.1 Penghapusan <i>Waste</i>.....	9
2.2 Kualitas	14
2.3 <i>Six Sigma</i>.....	14
2.3.1 Stabilitaas dan Kapabilitas Proses	15
2.3.2 Metodologi <i>Six Sigma</i>	17
2.4 Integrasi <i>Lean</i> dan <i>Six Sigma</i>.....	26
BAB III METODOLOGI.....	29
3.1 <i>Survey Lapangan</i>.....	29
3.2 Studi Pustaka.....	29
3.3 Pengumpulan dan Analisis Data.....	29
3.3.1 Pengupulan Data	29
3.3.2 Tahap Analisis Data.....	30
3.4 Peningkatan Kualitas dan Efisiensi Produksi	30
3. 5 Tahap Kesimpulan dan Saran	31
BAB IV PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA	33

4.1 Profil Perusahaan	33
4.2 Struktur Organisasi.....	34
4.3 Produk	36
4.4 Proses Produksi	36
4.5 Summary Annual report.....	37
4.6 Langkah-langkah Lean-Six Sigma.....	38
4.6.1 Define	38
4.6.2 Measure dan Analyze.....	39
BAB V PENINGKATAN KUALITAS DAN EFISIENSI PRODUKSI	53
5.1 Improve	53
5.1.1 Penentuan faktor penyebab cacat potongan tidak rata/dusting	53
5.1.2 Hasil Pengujian Faktor Penyebab Cacat	60
5.1.3 VALSAT	61
5.1.4 Usulan Perbaikan	65
5.1.5 Implementasi Perbaikan	68
5.1.6 Hasil Perbaikan	70
5.2 Control.....	76
5.2.1 Future Level Sigma dan VAR	76
5.2.2 Perhitungan Cost Saving.....	77
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	81
6.1 KESIMPULAN	81
6.2 SARAN	82
LAMPIRAN.....	83
DAFTAR PUSTAKA	93

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Value Stream Mapping</i>	10
Gambar 2.2 Dua distribusi dengan nilai $C_p = 2$	17
Gambar 2.3 Contoh <i>control chart</i>	21
Gambar 2.4 <i>Pareto Chart</i>	23
Gambar 2.5 <i>Fishbone Diagram</i>	24
Gambar 2.6 Integrasi <i>Lean</i> dan <i>Six Sigma</i>	27
Gambar 3.1 Metodologi Penelitian.....	32
Gambar 4.1 Struktur Organisasi PM 1.....	35
Gambar 4.2 Produk Kertas Foodgrade.....	36
Gambar 4.3 <i>Normality test</i> data cacat.....	40
Gambar 4.4 Cacat Hole.....	42
Gambar 4.5 Cacat Lipat Mati.....	42
Gambar 4.6 Cacat Gramature Variasi.....	43
Gambar 4.7 Cacat Piping.....	43
Gambar 4.8 Cacat Potongan Tidak Rata/ <i>dusting</i>	44
Gambar 4.9 Standar maksimal <i>dusting</i>	44
Gambar 4.10 Proporsi jenis cacat PM 1 Januari-Oktober 2017.....	45
Gambar 4.11 Current Process Capability Potongan tidak rata/ <i>dusting</i>	46
Gambar 4.12 <i>Normality Test</i> Cacat potongan tidak rata/ <i>dusting</i>	47
Gambar 4.13 Current State Value Stream Mapping PM1.....	51
Gambar 5.1 Fishbone diagram faktor penyebab cacat.....	53
Gambar 5.2. Data Inventory bulan oktober 2017.....	62

Gambar 5.3 Data cacat bulan oktober 2017.....	63
Gambar 5.4 Manual Slice Pada Headbox.....	68
Gambar 5.5 Auto Slice Pada Headbox.....	68
Gambar 5.6 Cecklist dan penggantian pisau slitter.....	69
Gambar 5.7 Winder sebelum dan setelah modifikasi.....	69
Gambar 5.8 Aktivitas Trinning pada staff PM1.....	70
Gambar 5.9 Normality test cacat potongan tidak rata/dusting.....	71
Gambar 5.10 Future Process Capability Potongan tidak rata/dusting.....	72
Gambar 5.11 Peta kendali.....	73
Gambar 5.12. Future state value stream mapping PM1.....	75

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 <i>Matrix Valur Stream Analysis Tools</i>	13
Tabel 2.2 Perbedaan <i>sigma level</i> dengan <i>cost of quality</i>	15
Tabel 2.3 DMAIC dan Aktivitas yang menyertainya.....	17
Tabel 2.4 Jenis Data dan <i>Control Chart</i> -nya.....	20
Tabel 4.1 <i>Summary Annual report Paper Machine 1</i>	37
Tabel 4.2 Parameter yang di prioritaskan dalam perbaikan.....	39
Tabel 4.3 Jenis-jenis <i>defect</i>	41
Tabel 4.4 Kontribusi jenis <i>defect</i> terhadap <i>broke rate</i>	44
Tabel 5.1 Critical factor dari cacat <i>dusting</i>	54
Tabel 5.2 Data <i>defect</i> yang dipengaruhi faktor setting formasi kertas.....	56
Tabel 5.3 Hasil pegujian <i>chi-square critical factor setting</i> formasi kertas.....	56
Tabel 5.4 Data <i>Defect</i> yang di pengaruhi Faktor <i>Speed Winder</i>	57
Tabel 5.5 Hasil pengujian <i>Chi-Square critical factor Speed winder</i>	57
Tabel 5.6 Data defect yang di pengaruhi faktor suhu dryer.....	58
Tabel 5.7 Hasil pengujian Chi-Square critical factor Suhu Dryer.....	58
Tabel 5.8 Data Defect yang di pengaruhi Faktor Penggantian Pisau Slitter.....	59
Tabel 5.9 Hasil pengujian chi-square critical factor Penggantian Pisau Siliter...	59
Tabel 5.10 Data Defect yang di pengaruhi Faktor Perbedaan Shift.....	60
Tabel 5.11 Hasil pengujian Chi-Square critical factor Perbedaan Shift.....	60
Tabel 5.12 Hasil pengujian <i>critical factor</i> penyebab cacat.....	60
Tabel 5.13 Hasil identifikasi waste.....	61
Tabel 5.14 <i>Matrix Value Stream Analysis Tools</i>	63
Tabel 5.15 Hasil perhitungan VALSAT.....	64

Tabel 5.16 Hasil <i>Current Process Activity Mapping</i>	65
Tabel 5.17 Root Cause Analyze dan Usulan Perbaikan.....	66
Tabel 5.18 Detail perbaikan pada PM1.....	67
Tabel 5.19 Data Cacat PM 1 Bulan Desember 2017.....	70
Tabel 5.20 Perbandingan antara current dan future process capability.....	72
Tabel 5.21 Perbandingan <i>Current</i> dan <i>Future Process Activity Mapping</i>	74
Tabel 5.22 Perbandingan <i>Current</i> dan <i>Future</i> untuk <i>Level Sigma</i> dan VAR.....	77
Tabel 5.23 <i>Cost saving</i> untuk parameter kualitas.....	78
Tabel 5.24 <i>Cost Saving</i> untuk parameter efisiensi.....	79

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN 1 KUISONER IDENTIFIKASI WASTE.....	83
LAMPIRAN 2 DATA CACAT.....	86
LAMPIRAN 3 KONVERSI DPMO KE DALAM SATUAN SIGMA.....	87
LAMPIRAN 4 TABEL CHI-SQUARE.....	90
LAMPIRAN 5 CURRENT PROCESS ACTIVITY MAPPING.....	91
LAMPIRAN 6 FUTURE PROCESS ACTIVITY MAPPING.....	92

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Di Era globalisasi permasalahan perusahaan manufaktur untuk meningkatkan daya saing sangatlah kompleks. Persaingan antar perusahaan semakin ketat dengan banyaknya perusahaan yang memproduksi produk sejenis. Salah satu faktor untuk meningkatkan daya saing perusahaan adalah dengan memberikan produk dengan kualitas yang baik dan harga yang kompetitif. Dengan menerapkan faktor tersebut permintaan konsumen akan produk dengan kualitas baik secara keseluruhan dapat terpenuhi. Menurut (Feigenbaum, 1992) produk atau jasa yang berkualitas merupakan produk atau jasa yang dapat memberikan kepuasan terhadap konsumen. Dalam perusahaan manufaktur departemen proses produksi memegang peran sangat penting dalam pengendalian kualitas dan efisiensi. Oleh karena itu perlu dilakukan perbaikan produksi yang berkelanjutan untuk menghasilkan produk dengan kualitas yang baik dan efisien.

PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia, Tbk merupakan perusahaan di dalam Group APP (*Asia Pulp and Paper*) yang berdiri pada tahun 1972. Awal mula berdiri perusahaan ini memproduksi *caustic soda*. Pada tahun 1978 perusahaan mengembangkan bisnisnya dengan produksi *pulp and paper* dengan kapasitas produksi kertas sebanyak 12.000 ton/tahun. Tahun 2013, total kapasitas produksi kertas sebesar 1.277.000 ton/tahun, kertas kemasan sebesar 80.000 ton/tahun, dan stationery sebesar 320.000 ton/tahun. Sampai saat ini PT. Tjiwi Kimia sudah mempunyai *Paper Machine* sebanyak 13 unit (PM1 sampai PM13), 3 unit mesin *coating*, dan 1 unit mesin NCR (pembuat kertas karbon).

Paper Machine 1 (PM1) adalah salah satu aset yang dimiliki PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia. Dilihat dari segi produktivitas, PM1 harus berjuang keras untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produknya. Hal ini ditunjukkan dari *annual report* perbandingan antara tahun 2016 dan 2017 sampai dengan minggu ke 43. Pada tahun 2016 rata-rata *output* produksi sebanyak 4838,9 unit/bulan, *broke rate* 13,60%, *lose time* 4032,2 menit, dan WIP 984 unit dan pada tahun 2017 sampai dengan minggu ke 43 rata-rata *output* produksi 4470,4 unit/bulan, *broke rate*

15,75%, *lose time* 10685 menit, dan WIP sebanyak 1003 unit. Dari ke empat parameter tersebut dapat dikelompokkan menjadi dua parameter yaitu kualitas dan *lead time*. Parameter kualitas ditunjukkan dari data *broke rate* sedangkan *output* produksi, *lose time*, dan WIP mewakili parameter *lead time*.

Kedua parameter permasalahan tersebut tentunya akan menurunkan tingkat produktivitas perusahaan. Peningkatan *broke rate* dan *lead time* mengindikasikan rendahnya kualitas produk dan lamanya waktu tunggu antar proses sehingga menjadikan proses produksi di PM 1 kurang efisien. Efisiensi merupakan indikator suatu departemen untuk dapat mengurangi atau mengeliminasi segala bentuk *waste* yang ada dalam keseluruhan proses. Untuk dapat meningkatkan efisiensi departemen PM1 harus melakukan perbaikan secara berkelanjutan agar keseluruhan *waste* pada proses produksi dapat berkurang.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini adalah *Lean Six Sigma* (Snee,2010). *Lean Six Sigma* merupakan gabungan dari dua metode yaitu *Lean* yang merupakan pendekatan untuk mencapai efisiensi suatu proses dan *Six Sigma* merupakan proses produksi dengan peluang cacat sebanyak 3,4 unit dari 1 juta produk. Salah satu perusahaan yang telah menerapkan *lean* adalah Toyota. *Toyota Production System* adalah sistem yang digunakan oleh Toyota dalam memproduksi dan menurunkan *waste* untuk mewujudkan efisiensi perusahaan (Liker & Jeffrey K, 2006). Dan perusahaan yang menerapkan *six sigma* adalah Motorola. Motorola merupakan perusahaan yang dikenal sebagai salah satu pengembang konsep *six sigma*. Pada tahun 1980 motorola mengukur kualitas dengan menghitung jumlah cacat yang tidak memuaskan (Arnheiter & Maleyeff, 2005). Berdasarkan pada ide dari *statistical process control*, Motorola mendefinisikan “*six sigma*” sebagai 3,4 jumlah cacat yang di perbolehkan dalam satu juta peluang (Hoerl dkk, 2004).

Lean Six Sigma telah berhasil digunakan sebagai metode perbaikan kualitas dan efisiensi perusahaan. Perusahaan harus mampu mengidentifikasi kebutuhan konsumen dan apa yang paling diutamakan oleh konsumen agar dapat mengaplikasikan *Lean Six Sigma*. Integrasi dua metode *lean* dan *six sigma* pada perbaikan kualitas dan efisiensi proses produksi mengikuti tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analize, Improvement, and Contol*) (Salah S. dkk, 2010).

Dari permasalahan yang ada di perusahaan saat ini, akan dilakukan penelitian pada PM1 PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia untuk meningkatkan kualitas dan menjadikan proses produksi efisien dengan menggunakan metode *lean-six sigma*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka pokok permasalahan yang akan dibahas dalam penelitian ini adalah

1. Jenis-jenis *waste* dan cacat produk apa saja yang terdapat pada proses produksi?
2. Bagian proses apa yang mempengaruhi cacat produk dan *waste*?
3. Berapa *level sigma* dan *value added ratio* pada PM 1 saat ini?
4. Solusi apa yang dapat di berikan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi di PM1 PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah

1. Mengidentifikasi jenis-jenis *waste* dan cacat produk yang ada dalam proses produksi
2. Mengidentifikasi bagian proses yang mempengaruhi cacat produk
3. Menghasilkan solusi potensial untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi di PM1 PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia
4. Menghitung *level sigma* dan *value added ratio* pada PM1 sebelum dan setelah perbaikan serta *cost saving* yang di hasilkan

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapatkan dalam penelitian ini adalah :

1. Mengetahui jenis-jenis *waste* dan cacat produk yang ada dalam proses produksi
2. Mengetahui bagian proses yang mempengaruhi *waste* dan cacat produk
3. Mengetahui tingkat pencapaian *level Sigma* dan *value added ratio* PM1.

4. Memberikan solusi potensial kepada perusahaan sebagai usaha peningkatan kualitas dan efisiensi.

1.5 Batasan dan Asumsi

Agar penelitian lebih fokus dan terarah, maka dilakukan pembatasan masalah penelitian. Adapun batasan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Permasalahan yang diangkat adalah permasalahan yang terjadi di proses produksi *Paper Machine 1* (PM1) PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia.
2. Penelitian ini mengambil objek produk yang dihasilkan oleh PM1 PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia yaitu satu jenis kertas *foodgrade*.
3. Penggambaran proses dan perhitungan yang diamati adalah proses pembuatan kertas dari pengeluaran material *pulp* sampai pengiriman kertas ke gudang sentral.
4. Data yang diambil adalah *daily report* pada bulan Januari sampai dengan bulan Oktober 2017 dilanjutkan dengan penerapan *improvement* pada bulan November dan Desember 2017.

1.6 Sistematika Penulisan Laporan

Untuk mempermudah dalam memahami isi tulisan maka hasil dari penelitian ini akan disusun dalam penulisan yang sistematis. Dalam laporan penelitian terdapat enam Bab yaitu Pendahuluan, Tinjauan Pustaka, Metodologi Penelitian, Pengumpulan dan pengolahan Data, Analisis dan Pembahasan, Kesimpulan dan Saran.

BAB I Pendahuluan

Dalam Bab satu yaitu pendahuluan berisikan tentang permasalahan yang dialami perusahaan saat ini, metode yang dipakai dalam menyelesaikannya, tujuan dan batasan masalah penelitian.

BAB II Tinjauan Pustaka

Pada Bab dua berisikan tentang tinjauan pustaka dan dasar teori yang berisikan tentang *lean, six sigma, lean six sigma, tools* yang dapat digunakan dalam Integrasi dua metode tersebut.

BAB III Metodologi Penelitian

Pada Bab tiga berisikan tentang metodologi yang digunakan dalam penelitian. Metodologi penelitian berisikan tahap-tahap dalam penelitian beserta penjelasannya.

BAB IV Pengumpulan dan Analisis Data

Bab keempat menjelaskan mengenai pengumpulan data dan analisis. Data yang dikumpulkan merupakan data yang diperoleh melalui survei lapangan, history data, dan wawancara dengan staff ahli. Data-data ini meliputi profil perusahaan, produk, mesin dan peralatan, manajemen organisasi, dan data permasalahan.

BAB V Peningkatan Kualitas dan Efisiensi Produksi

Setelah pengumpulan dan analisis data selesai di kerjakan, kemudian pada bab lima ini di berikan usulan-usulan dan implementasi perbaikan untuk meningkatkan kualitas dan efisiensi.

BAB VI Kesimpulan

Pada Bab enam berisikan kesimpulan dari hasil penelitian yang telah dilakukan. Pada kesimpulan akan menjawab tentang tujuan yang sudah di kemukakan sebelumnya.

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini akan membahas tinjauan pustaka yang di butuhkan sebagai acuan sehingga penelitian dapat terselesaikan dengan baik. Tinjauan pustaka yang digunakan ini berdasarkan topik penelitian yaitu permasalahan menurunnya kualitas produk dan efisiensi proses di *paper machine* 1 PT. Tjiwi Kimia. Dalam penelitian ini permasalahan tersebut akan di selesaikan menggunakan pendekatan metode *Lean Six Sigma*.

2.1 *Lean Thinking*

Konsep *Lean* merupakan cara sistematis yang dapat di gunakan oleh perusahaan untuk mengeliminasi *waste* secara keseluruhan di semua area *value stream* (Womack and Jones, 1994). *Lean* bertujuan untuk meningkatkan efisiensi pada proses dan mengurangi biaya dengan megeliminasi kegiatan *non-value adding* (Motwani, 2003), mengurangi waktu siklus produksi (*cycle time*) (Sohal and Egglestone, 1994), meningkatkan profit perusahaan (Claycomb et al, 1999). Secara garis besar *lean* merupakan proses eliminasi kegiatan *non-value adding* melalui peningkatan perbaikan secara berkelanjutan (*Continuous Improvement*) dari aliran produk dan informasi untuk mendapatkan keunggulan dan kesempurnaan produk atau jasa yang di tawarkan.

Lean juga merupakan penggambaran suatu sistem tarik dari konsumen (*pull system*). Sistem ini memprioritaskan kondisi yang diperlukan untuk memproduksi produk yang berkualitas tinggi dengan tujuan pemenuhan kebutuhan pasar dengan persediaan yang sangat kecil. Keadaan ini akan menurunkan *holding cost* karena hampir tidak ada *raw material* dan produk yang di simpan. Produk hanya di produksi untuk memenuhi permintaan *customer* yang di perkirakan. Keuntungan penerapan *lean* “perusahaan dapat mengurangi *lead time*, menurunkan persediaan barang, mengurangi *raw material*, dan meningkatkan perputaran aset secara efektif” (Claycomb et al, 1999).

Menurut (Nave, 2002; Snee, 2004; Womack, 2006) terdapat lima step dalam menjalankan *lean*

1. Mendefinisikan *value* dan semua komponen *value adding*. *Value* diciptakan untuk meningkatkan daya saing produk atau jasa.
2. Mengidentifikasi *value stream*, dengan mengidentifikasi *value stream* top manajemen dapat mengukur dan memahami proses atau aktivitas yang ada di perusahaan.
3. Membuat aktivitas berjalan tanpa hambatan dengan mengeliminasi atau meminimalkan *waste* atau kegiatan *non-value adding* sepanjang *value stream*
4. Menggunakan sistem tarik sehingga semua aliran material, informasi, dan produk dapat terorganisir.
5. Mengejar kesempurnaan proses secara berkelanjutan dengan meninjau ulang *step by step*.

Lima prinsip dasar *lean* diatas merupakan bentuk dari usaha untuk menghilangkan *waste*. Menurut (Jugulum & Samuel, 2008) *waste* dibedakan menjadi delapan jenis, diantaranya :

1. *Waiting*
Waste untuk *waiting* merupakan jenis kegiatan yang *non-value adding* yang di sebabkan karena menunggu (*bottleneck*) untuk di proses selanjutnya. *Waiting* di sebabkan oleh banyak faktor diantaranya karena kerusakan pada sistem produksi, kerusakan mesin, dan lain-lain sehingga membutuhkan waktu untuk perbaikan.
2. *Over production*
Waste ini disebabkan kerena produksi yang berlebih. Parameter dari over production adalah banyaknya *stock* di gudang, WIP, dan pencapaian hasil produksi yang melebihi target.
3. *Defect*
Waste defect merupakan barang yang tidak memenuhi spesifikasi atau produk cacat. Hal ini akan menyebabkan proses *rework* sehingga siklus

produksi semakin panjang dan akan berdampak pada menurunnya tingkat efisiensi produksi.

4. *Unnecessary Motion*

Merupakan *waste* dari kegiatan operator yang tidak memberikan nilai tambah dan menyebabkan tingginya *lead time*. Contohnya adalah pencarian *spare* karena tidak dapat dilacak tempat penyimpanannya.

5. *Inappropriate Processing*

Merupakan *waste* yang terjadi karena aktivitas yang tidak efisien atau berulang-ulang.

6. *Unnecessary Inventory*

Merupakan jenis *waste* berupa *inventory* yang tidak di harapkan.

7. *Un-usfull Intellect/Resource*

Merupakan *waste* yang terjadi karena penggunaan yang kurang maksimal terhadap sumberdaya yang dimiliki. Misal dari segi personil maupun peralatan.

8. *Ineficient Transportation*

Merupakan *waste* yang di sebabkan oleh kegiatan transportasi, misal pemindahan produk dari bagian produksi ke finishing. Kegiatan transportasi merupakan kegiatan yang penting, tetapi tidak memberikan nilai tambah (*non-value added*) karena dirasa kegiatan ini merupakan kegiatan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya.

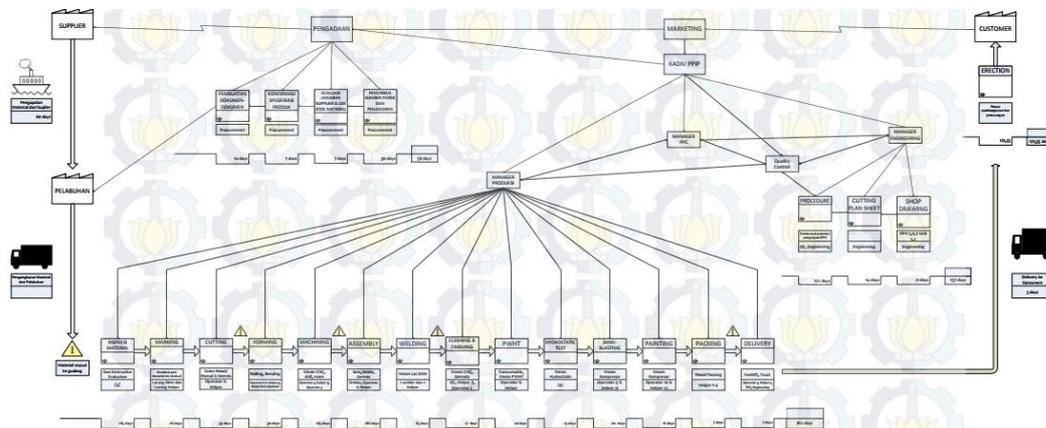
2.1.1 Penghapusan Waste

Tujuan utama dari penerapan *lean* adalah penghapusan *waste* di semua area *value stream*. Terdapat beberapa referensi terkait *tools* yang dapat di gunakan untuk menghapus atau meminimalisir *waste* pada *value stream*, diantaranya;

I. *Value Stream Mapping*

Value stream merupakan aktivitas *value adding* atau *non-value adding* pada pembuatan produk dalam aliran proses produksi utama (Womack and Jones, 1994). Menurut (Martin and Osterling, 2013) *value stream* merupakan urutan aktivitas yang di butuhkan untuk merancang, memproduksi, dan memberikan barang atau

layanan kepada pelanggan, dan mencangkup arus informasi dan material. Sedangkan *tools* yang digunakan untuk menggambarkan keseluruhan sistem dalam *value stream* adalah *value stream mapping*, seperti ditunjukkan pada gambar 2.1. *Value stream mapping* dalam lingkungan manufaktur sudah didiskusikan sejak di pakai oleh perusahaan *Toyota Motor Corporation*, yang sering dikenal sebagai “*Material and Information Flows*” Toyota berfokus pada pemahaman arus material dan informasi di seluruh organisasi sebagai cara untuk memperbaiki kinerja manufaktur. Penggambaran peta proses adalah cara untuk berkomunikasi dengan berbagai pihak dalam sebuah organisasi. Dengan cara ini, *value stream mapping* dapat memberikan gambaran secara keseluruhan tentang bagaimana pekerjaan dilakukan.



Gambar 2.1 *Value Stream Mapping* (Intifada G.S & Witantyo, 2012)

Menurut (King dkk, 2015), *value stream mapping* mempunyai 3 komponen utama, diantaranya:

1. Aliran material
Merupakan aliran dari *raw material* hingga menjadi produk jadi dan sampai ke *end customers*
2. Aliran Informasi
Aliran informasi meliputi informasi tentang kapan dan apa saja yang harus di produksi
3. *Time line*
Menunjukkan waktu yang mempunyai nilai tambah di bandingkan dengan waktu yang tidak mempunyai nilai tambah.

a) *Current Value Stream Mapping*

Current Value Stream Mapping digunakan sebagai *baseline* untuk mengidentifikasi *waste* dalam melakukan perbaikan. Dalam pembuatan *current value stream mapping* di tunjukan sebagai berikut :

1. Verifikasi dan pemahaman kebutuhan *customers*
2. Pemahaman terhadap aliran fisik produksi beserta detail-detailnya meliputi detail proses dan inventory.
3. Gambarkan aliran fisik material
4. Gambar aliran informasi dan tentukan *pull* dan *push* sistemnya

b) *Future State Value Stream Mapping*

Dalam menggambarkan *future state value stream mapping* dibutuhkan analisis terlebih dahulu pada *current value state mapping*. Langkah-langkah dalam penggambarannya adalah:

1. Hitung *talk time* berdasarkan permintaan pasar dan waktu kerja yang tersedia
2. Kembangkan *continuous flow* jika memungkinkan
3. Gunakan supermarket jika *continuous flow* tidak dapat di terapkan
4. Coba terapkan penjadwalan hanya untuk satu proses produksi
5. Ciptakan *initial pull*
6. Coba kembangkan kesempatan untuk produksi *every part every day*

II. *Value Stream Mapping Analysis Tools (VALSAT)*

Menurut (Hine and Rich, 1997) VALSAT merupakan alat yang digunakan untuk mempermudah penanganan *waste* yang ada dalam *value stream*. Prinsip VALSAT yaitu dengan melakukan pembobotan terhadap *waste* yang terjadi dalam proses produksi, kemudian melakukan pemilihan menggunakan *mapping tools*. Terdapat tujuh *tools* yang dapat digunakan dalam penghilangan *waste*, diantaranya:

1. *Process Activity Mapping*

Process activity mapping merupakan suatu cara yang digunakan untuk mengidentifikasi waktu, jarak, dan produktivitas suatu kegiatan produksi baik itu

produk maupun informasi. Prinsip dari *tools* ini yaitu mengelompokan suatu aktivitas kedalam tiga kategori yaitu aktivitas yang mempunyai nilai tambah, aktivitas yang tidak mempunyai nilai tambah, dan aktivitas yang tidak memberikan nilai tambah tapi tetap dibutuhkan dalam proses. Langkah dalam menerapkan *Process activity mapping* yaitu :

- Kenali dan pelajari aliran proses
- Identifikasi *waste*
- Identifikasi *layout* dan transportasi
- Identifikasi aktivitas (diperlukan pada proses atau tidak)
- Mempertimbangkan apabila ada aktivitas yang tidak diperlukan dihalangkan apakah akan berdampak pada proses

2. *Supply Chain Matrix*

Supply Chain Matrix digunakan untuk mengetahui *lead time* dan jumlah persediaan yang terjadi pada proses *supply chain*. Tujuan dari *tools* ini untuk mempermudah top manajemen dalam mengetahui suatu proses, sehingga dapat memperkecil persediaan dan mengurangi *lead time* pada proses tersebut.

3. *Production variety funnel*

Merupakan *tools* yang digunakan untuk mengetahui *bottleneck* suatu proses. Prinsip dari *production variety funnel* yaitu melakukan pemetaan dengan melakukan plot dari setiap produk yang dihasilkan pada suatu proses.

4. *Quality filter mapping*

Merupakan *tools* yang berfungsi untuk menunjukkan keberadaan penyebab yang mempengaruhi kualitas produk. Tujuan dari *tools* ini untuk mengeliminasi penyebab cacat yang terjadi pada suatu proses produksi.

5. *Demand Amplifying Mapping*

Tools ini digunakan untuk mengetahui jumlah produk yang dapat di produksi dalam jangka waktu tertentu. Hasil dari *tools* ini nantinya dapat digunakan sebagai acuan dalam pengambilan keputusan dalam mengatur aliran produk sehingga kebutuhan konsumen akan produk dapat terpenuhi.

6. Decision point analysis

Tools yang digunakan untuk meramalkan jumlah produksi untuk dapat memenuhi *actual demand*. Selain itu juga dapat digunakan untuk menentukan *pull* atau *push* suatu sistem berdasarkan posisi *upstream* dan *downstream*.

7. Physical structure mapping

Tools ini berfungsi untuk menunjukan kondisi dan fungsi dari setiap aktivitas pada *supply chain*, sehingga dapat dipahami bagaimana kondisi operasional dan mengetahui area yang kurang di perhatikan.

Tabel 2.1 menunjukan contoh dari pembuatan Matriks *Value Stream Analysis Tools*

Tabel 2.1 Matrix Value Stream Analysis Tools

Waste/ Structure	Process Activity Mapping	Supply Chain Respon Matrix	Product Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Over production	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Transport	H						L
Inappropriate Process	H		M	L		L	
Unnecessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Motion	H	L					
Defect	L			H			
Overall structure	L	L	M	L	H	M	H

Keterangan:

- H (High Correlation and Usefulness) » Dikali 9
- M (Medium Correlation and Usefulness) » Dikali 3
- L (Low Correlation and Usefulness) » Dikali 1

2. 2 Kualitas

Kualitas merupakan suatu parameter yang berorientasi terhadap kepuasan *customer*, tidak harus mempunyai nilai yang “terbaik” dalam segi industri tapi lebih mengarah terhadap kepuasan *customer*. Dalam segi proses produksi kualitas merupakan suatu proses yang menghasilkan produk yang sesuai dengan spesifikasi dari produk yang telah di tetapkan (Feigenbaum, 1992). Menurut (Kotler & Armstrong, 2008) kualitas merupakan atribut produk atau jasa yang menunjukkan daya keandalan, ketepatan kemudahan operasi perbaikan, serta atribut yang mempunyai nilai tambah lainnya. Untuk meningkatkan kualitas dari suatu produk tentu yang perlu di perhatikan adalah bagaimana memonitoring suatu proses agar mendapatkan produk dengan jumlah cacat kecil.

2.3 Six Sigma

Sigma (σ) merupakan abjad Yunani yang menunjukkan tingkat deviasi standar suatu proses. Sedangkan *six sigma* merupakan metode untuk meningkatkan kemampuan proses. Tujuan dari *six sigma* adalah mengurangi variabilitas dalam proses sehingga menurunkan cacat pada produk (Nave, 2002). *Six sigma* telah berhasil digunakan sebagai metode untuk mengurangi *waste*, meningkatkan kepuasan pelanggan, dan memperbaiki keuangan suatu perusahaan (Revere dkk, 2004). Dengan menggunakan metode ini, perusahaan dapat memahami fluktuasi dalam suatu proses yang memungkinkan untuk menentukan penyebab permasalahannya. Untuk memastikan cacat produk tidak muncul kembali dapat dilakukan dengan cara memperbaiki proses dengan menghilangkan akar penyebabnya dan mengendalikan proses tersebut (Pojasek, 2003) sehingga dapat memberikan keuntungan bagi perusahaan dalam jangka waktu panjang (Bisgaard & Freiesleben, 2004). Menurut (Revere dkk, 2004) *Six sigma* mencakup kegiatan mulai merancang, memperbaiki, dan memonitoring suatu proses bisnis dalam perusahaan. Multi fungsi dari *six sigma* menjadikan metode ini mencakup segala aspek mulai dari perbaikan ringan hingga perbaikan manajemen proyek, manajemen perubahan, kepemimpinan, perubahan budaya, penghargaan dan kompensasi, cacat produk, kerja sama, dan pemecahan masalah (Goodman & Theuerkauf, 2005).

Metodologi *six sigma* didasarkan pada siklus DMAIC (*define, measure, analyze, improvement, and control*). Motorola merupakan perusahaan yang dikenal sebagai salah satu pengembang konsep *six sigma*. Pada tahun 1980 motorola mengukur kualitas dengan menghitung jumlah cacat yang tidak memuaskan (Arnheiter & Maleyeff, 2005). Berdasarkan pada ide dari *statistical process control*, Motorola mendefinisikan “*six sigma*” sebagai 3,4 jumlah cacat yang di perbolehkan dalam satu juta peluang (Hoerl dkk, 2004). Pada dasarnya 99,99966% kemungkinan memproduksi produk sesuai spesifikasi apabila menerapkan metode *six sigma*. Dengan menurunkan variasi pada proses akan berdampak pada penurunan *cost* pada perusahaan. Pada tabel 2.2 menunjukkan bahwa setiap pergeseran sigma memberikan peningkatan pendapatan bersih perusahaan sebesar 10% karena peluang terjadinya cacat semakin menurun (Greg Brue & Rod Howes, 2006).

Tabel 2.2 Perbedaan *sigma level* dengan *cost of quality*

Sigma Level	Defect per Milion Opportunity	% Good	Cost of Quality
2	308,537	68%	Not Applicable
3	66.807	93%	25-40 % of sales
4	6.210	99%	15-25% of sales
5	233	99.99%	5-15% of sales
6	3,4	99.99966%	< 1% of sales

2.3.1 Stabilitaas dan Kapabilitas Proses

Proses manufaktur tidak dapat dijadikan acuan untuk penilaian produksi jika tidak bisa dibuktikan bahwa proses tersebut stabil. Oleh karena itu dalam menerapkan konsep *six sigma* pada perusahaan stabilitas proses merupakan konsep penting yang harus di perhatikan. Kestabilan proses dapat di tentukan dari tingkat respon semua parameter yang di gunakan dalam mengukur variasi proses. Proses dikatakan stabil apabila semua parameter tersebut memiliki nilai variasi yang konstan. Stabilitas proses dapat di tinjau dari *control chart*, apabila semua proses masuk dalam batasan dapat dikatakan bahwa proses tersebut stabil.

Kapabilitas proses merupakan parameter dari variasi yang diberikan pada proses yang stabil. Pengaplikasian metode *six sigma* sangat dipengaruhi oleh kapabilitas proses, dimana dengan meningkatkan kapabilitas proses akan menghasilkan produk dengan tingkat cacat mendekati nol. Kapabilitas proses juga dapat dijadikan baseline sebuah proses.

Upper Spesification Limits (USL) dan *Lower Spesification Limit* (LSL) merupakan nilai toleransi yang diberikan dalam kapabilitas proses. Kedua batasan tersebut merupakan tingkat toleransi yang harus di penuhi oleh proses, apabila terdapat nilai yang keluar dari batasan tersebut dapat dikatakan bahwa proses tidak dapat memenuhi spesifikasi.

Cp dan Cpk merupakan dua indikator kapabilitas proses yang sering digunakan dalam metode *six sigma*. Cp merupakan nilai yang menunjukkan tingkat kepresisian suatu proses sedangkan Cpk merupakan nilai yang menunjukkan tingkat keakurasian suatu proses. Semakin besar nilai Cp semakin presisi proses tersebut, dimana ditunjukkan dengan semakin kecilnya nilai variasi dari proses. Nilai Cp dapat dihitung menggunakan persamaan:

$$Cp = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$

Dimana :

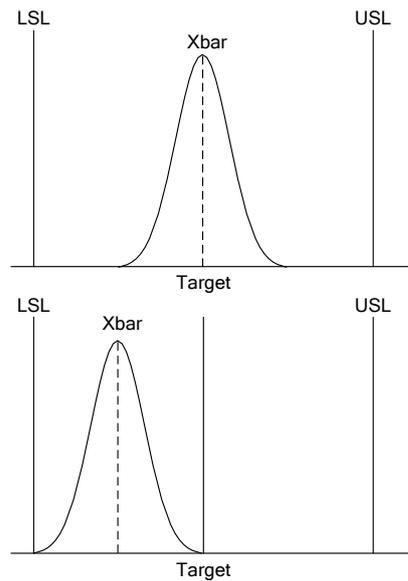
USL : Batas spesifikasi atas

LSL : Batas spesifikasi bawah

σ : Deviasi standar proses

Nilai Cp dapat digunakan sebagai parameter penerimaan proses. Standar Cp pada suatu proses sebesar 1,33. Apabila suatu proses mempunyai nilai Cp lebihbesar atau sama dengan 1 proses dapat diterima. Jika proses kurang dari 1 proses tersebut di tolak.

Pada contoh dari buku (Greg Brue & Rod Howes, 2006) ditunjukkan suatu proses dengan nilai Cp = 2 ditunjukkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Dua distribusi dengan nilai Cp = 2

Pada gambar diatas ditunjukkan bahwa terdapat dua proses dengan nilai Cp sebesar 2. Seperti dikatakan di atas bahwa Cp merupakan tingkat kepresisian suatu proses yang mana nilai tersebut tidak dapat di gunakan untuk mengukur tingkat keakurasian dengan target (nilai rata-rata). Oleh karena itu masih dibutuhkan persamaan Cpk untuk mengukur seberapa akurat proses tersebut terhadap target. Nilai Cpk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$Cpk = \frac{USL - Mean}{3\sigma} \text{ atau } \frac{Mean - LSL}{3\sigma} \quad (2)$$

2.3.2 Metodologi Six Sigma

Penerapan metode six sigma dapat dilakukan dengan pendekatan DMAIC (*Define, Measure, Analysis, Improvement, and Control*). Tahapan aktivitas dengan pendekatan DMAIC ditunjukkan pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 DMAIC dan Aktivitas yang menyertainya (Pyzdek, 2003)

Tahapan	Aktivitas
Define	Mengidentifikasi permasalahan kualitas Mengidentifikasi kualitas yang di harapkan konsumen Membuat target kualitas yang ingin dicapai

	Mendefinisikan proses yang akan di perbaiki Mendefinisikan suatu sistem pengukuran yang valid dan reliable
Measure	Pengumpulan data dan menghitung kapabilitas proses saat ini
Analysis	Analisis permasalahan saat ini Identifikasi akar dari permasalahan Analisis hambatan utama yang dihadapi Analisis cara apa saja yang dibutuhkan untuk melakukan perbaikan
Improvement	Mengebangkan ide untuk menghilangkan permasalahan Menggunakan tools yang tepat dalam melakukan perbaikan Melakukan aktivitas yang diperlukan dalam melakukan perbaikan Menerapkan solusi yang telah di berikan
Control	Memonitor proses setelah perbaikan Membuat standard untuk menjaga performa proses Membuat laporan perbaikan yang diperlukan

I. *Define*

Merupakan tahap pertama dalam *six sigma* yang digunakan untuk mendefinisikan suatu permasalahan yang ada pada proses. Ada beberapa *tools* yang dapat digunakan untuk di pakai dalam tahap ini, diantaranya :

a) Diagram SIPOC (*Supplier, Input, Process, Output, and Customer*)

Merupakan *tools* yang digunakan untuk perbaikan proses

- *Supplier* merupakan organisasi atau individu yang memberikan aliran informasi atau sumberdaya yang berkaitan dengan proses produksi
- *Input* merupakan segala sesuatu yang diberikan oleh *supplier* untuk proses
- *Proses* merupakan alur kegiatan yang dilakukan untuk merubah *input* menjadi *output*
- *Output* merupakan hasil dari proses
- *Customer* merupakan organisasi atau individu yang menerima *output*

b) *Process Chart Diagram*

Merupakan *tools* yang digunakan untuk menggambarkan proses secara keseluruhan sehingga dapat menentukan letak yang akan diadakan perbaikan. *Proses chart diagram* dapat digunakan sebagai *tools* untuk perbaikan dalam mencapai target yang lebih efisien, seperti menghilangkan proses yang tidak memberikan nilai tambah, menggabungkan satu proses dengan proses yang lain, mengeliminasi *delay*, dan lain-lain.

II. *Measure*

Measure merupakan tahap kedua dari metode *six sigma*. Pada tahap ini ditujukan untuk mengukur *Critical to Quality* (CTQ). Tahap pengukuran ini sangat penting dalam meningkatkan kualitas, karena dengan mengukur CTQ dapat diketahui keadaan perusahaan saat ini sehingga dapat dijadikan acuan dalam melakukan perbaikan. Dalam *six sigma* ada dua pengukuran dasar yaitu pengukuran konsep kinerja produk dan konsep pengukuran kinerja proses.

a) Pengukuran Kinerja Produk

1. Konsep pengukuran berdasarkan kecacatan

Pada konsep ini terdapat dua ukuran yang digunakan yaitu ukuran *Defective* dan *Yield*. *Defective* dan *Yield* dilakukan dengan *Proportion defect* yaitu prosentase dari jumlah cacat dibandingkan dengan total produksi

$$DPU = \frac{\text{Jumlah Defect}}{\text{Jumlah Produksi}} \times 100 \quad (3)$$

Final Yield dapat dihitung dengan 1-DPU. Informasi ini memberitahu apakah pecahan dari suatu unit total yang dikirim bebas cacat. Ukuran *Yield* mengidentifikasi ke-efektifan dari sebuah proses untuk menghasilkan probabilitas cacat produk mendekati nol.

2. Konsep pengukuran berdasarkan peluang

Pada konsep ini digunakan tiga variabel untuk menghitung peluang cacat yaitu jumlah unit cacat, total unit, dan peluang terjadinya cacat. Untuk menghitung DPO (*Defect per Opportunity*) dapat menggunakan rumus:

$$DPO = \frac{\text{defect}}{\text{jumlah unit} \times \text{peluang}} \quad (4)$$

Dan untuk menghitung DPMO (*defect per million opportunities*) adalah

$$DPMO = DPO \times 1.000.000 \quad (5)$$

Ukuran ini sering kali digunakan untuk menentukan peluang terjadinya cacat produk yang di produksi dalam satu juta peluang

b) Pengukuran Kinerja Proses

Sigma merupakan variabel yang sangat penting dalam metode *six sigma*. Karena variabel ini menunjukkan variabilitas dari proses. Ukuran ini juga mengindikasikan apakah proses sudah berkualitas atau belum. Langkah awal yang harus dilakukan dalam pengukuran kinerja proses adalah menentukan spesifikasi yang diharapkan oleh pelanggan dan pengolahan data dilakukan dengan data kuantitatif. Data tersebut kemudian di olah kedalam diagram CTQ. Langkah kedua yaitu mengumpulkan data proses, tingkat *output*, dan tingkat *outcome*. Langkah selanjutnya yaitu mengukur tingkat performa yang akan dijadikan sebagai *baseline* kinerja awal proses *six sigma*. *tools* yang dapat digunakan dalam tahap ini adalah CTQ dan *Control Chart*.

1. *Control Chart*

Dr. Walter Shewhart adalah orang yang memperkenalkan *control chart* pada tahun 1924. Tujuan dari *control chart* yaitu untuk menghilangkan variasi melalui pemisahan variasi yang di sebabkan oleh beberapa faktor. Pada dasarnya *control chart* dipergunakan untuk:

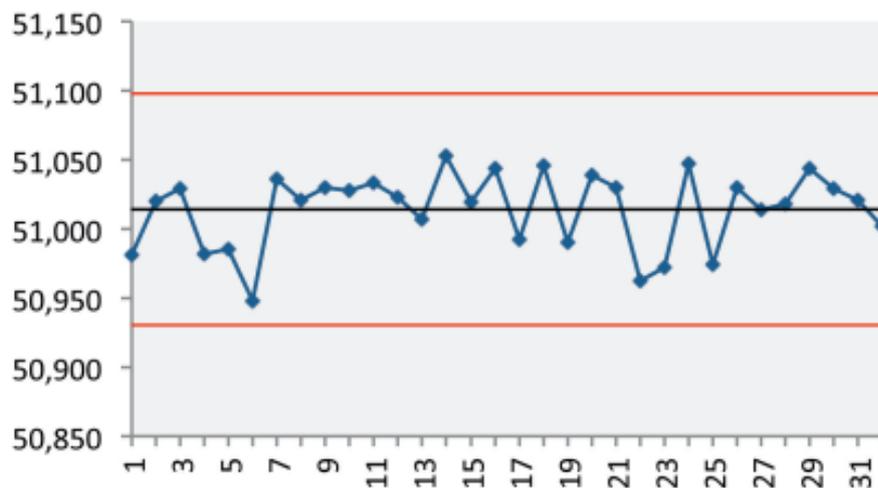
- Menentukan suatu proses apakah terkendali atau tidak
- Memonitoring proses secara berkelanjutan
- Menentukan kemampuan proses

Jenis-jenis *control chart* berdasarkan data-data yang digunakan ditunjukkan pada tabel 2.4 dan contoh *control chart* ditunjukkan pada gambar 2.3

Tabel 2.4 Jenis Data dan *Control Chart*-nya (Gazpersz, 1998)

Jenis Data	Jenis Control Chart
<p>Data Atribut Merupakan data kualitatif yang dapat dihitung untuk dianalisis. Data ini kebanyakan diperoleh dalam bentuk unit-unit nonconform atau ketidak</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peta p • Peta np • Peta u • Peta c

sesuaian dengan spesifikasi yang telah di tetapkan	
<p>Data Variabel</p> <p>Merupakan data kuantitatif yang digunakan untuk analisis. Misalkan berat, lebar, tinggi, diameter, volume, dan lain-lain.</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Peta X-bar dan R • Peta X-bar dan MR • Peta X-bar dan S



Gambar 2.3 Contoh *control chart* (Sousa S. dkk, 2017)

2. *Critical to Quality* (CTQ)

Merupakan *tools* yang digunakan untuk mengetahui karakteristik produk atau jasa yang di inginkan oleh *customer*. Indikator keberhasilan dari CTQ diukur dari tingkat cacat pada produk, *cost of poor quality*, kepuasan pelanggan, pangsa pasar dan lain-lain. Setelah diketahui CTQ maka akan ditentukan target dari proyek *six sigma*, kemudian ditentukan tujuan dari proyek tersebut.

III. *Analysis*

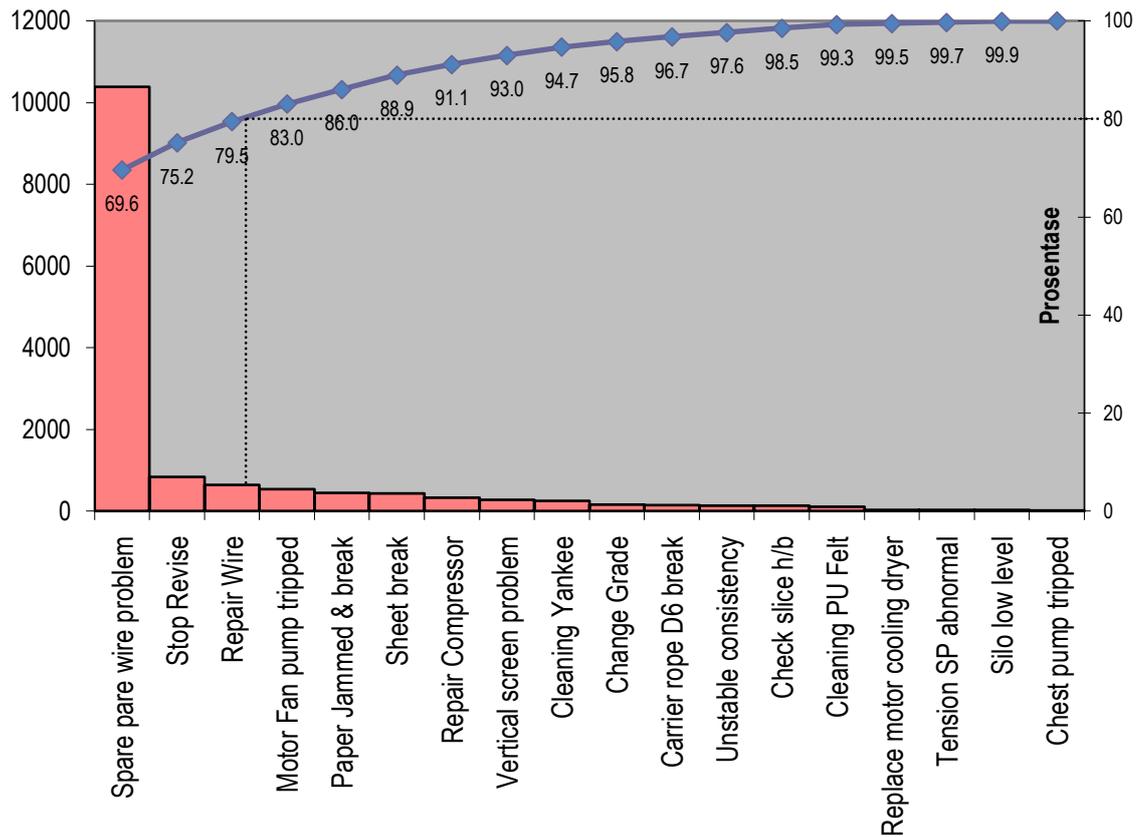
Tahap *Analysis* merupakan tahap ketiga dari *six sigma*. Tahap *analysis* dilakukan dalam tiga tahap, diantaranya :

- a) Mengidentifikasi dan memberikan prioritas cacat yang paling dominan terhadap produk yang di hasilkan. *Tools* yang dapat digunakan pada tahap ini adalah diagram pareto.
- b) Menganalisis penyebab dari cacat yang paling dominan. *Tools* yang dapat digunakan adalah *fishbone*.
- c) Menentukan penyebab yang paling dominan terhadap cacat produk yang akan di lakukan perbaikan. (Kolarik J, Williams, 1999).

a) *Pareto Chart*

Pareto Chart pertama ditemukan oleh ahli ekonom dari italia Vilfredo Pareto. Hukum pareto telah banyak di aplikasikan dalam industri, salah satunya untuk mengelompokan jenis cacat dan menentukan mana yang lebih penting untuk perbaiki terlebih dulu. Hukum pareto lebih dikenal sebagai 80/20. Dimana dengan memperbaiki 20% akan berdampak pada 80% perbaikin seluruh sistem. Contoh *pareto chart* ditunjukan pada gambar 2.4. Langkah-langkah untuk membuat pareto chart sebagai berikut:

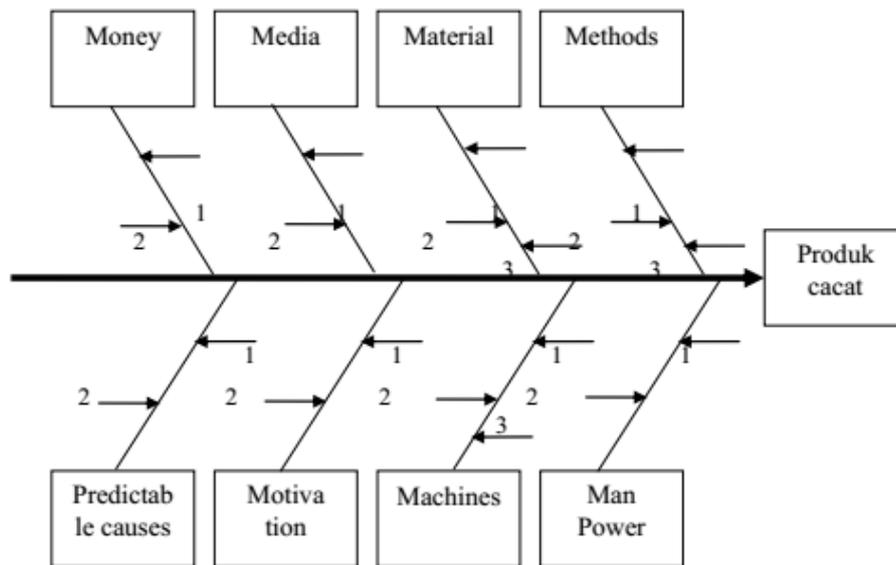
- Ditentukan klasifikasi untuk grafik dan interval waktu analisis
- Ditentukan kejadian total untuk tiap kategori dan total keseluruhan
- Dihitung presentase dari masing-masing kategori, dan diurutkan presentase dari yang terbesar sampai yang terkecil
- Dihitung frekuensi komulatif dan presentase komulatif
- Dibuat diagram pareto dan ditarik garis diantara diagram yang telah dibuat



Gambar 2.4 Pareto Chart

b) *Fishbone*

Pada tahun 1943 Kaoru Ishikawa telah mengembangkan *Fishbone diagram* atau Diagram Ishikawa yang merupakan *tools* untuk mengidentifikasi sebab akibat pada suatu permasalahan. Pada diagram ini terdiri dari kepala ikan yang merupakan “efek” dan tulang-tulang yang merupakan penyebabnya. Penyebab dari efek nantinya akan dipecah menjadi beberapa sub penyebab, misalnya metode, material, manusia, mesin, lingkungan, dan lain-lain. Contoh *fishbone* ditunjukkan pada gambar 2.5



Gambar 2.5 *Fishbone Diagram*

c) Chi-Square

Setelah menentukan *critical to quality* (CTQ) dan mengetahui *defect* yang paling dominan langkah selanjutnya yaitu dengan menguji faktor-faktor penyebabnya. Analisis yang dilakukan dalam pengujian faktor penyebab *defect* yang berpengaruh signifikan terhadap terjadinya *defect* adalah dengan menggunakan metode statistik *Chi-square*. Dalam melakukan pengujian dilakukan eksperimen untuk membuktikan apakah faktor-faktor penyebab *defect* tersebut berhubungan terhadap timbulnya defect. Tahap awal dalam melakukan pengujian dengan mendefinisikan hipotesis sebagai berikut:

Hipotesis :

Ho : Tidak terdapat perbedaan antara kondisi A1,A2 dan A3 dari masing-masing faktor.

Ha : Terdapat perbedaan antara kondisi A1, A2 dan A3 dari masing-masing faktor.

IV. *Improvement*

Tahap keempat dari *six sigma* yaitu melakukan *improvement* terhadap permasalahan. *Tools* yang dapat digunakan dalam tahap ini adalah FMEA (*Failure*

Mode and Effect Analysis) kemudian memberikan usulan perbaikan untuk mengurangi cacat pada produk

- *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA)

FMEA merupakan prosedur dasar yang digunakan untuk menentukan prioritas perbaikan berdasarkan *risk priority number* (RPN) yang berdasar pada tiga indeks hasil evaluasi (Inoue & Yamada, 2010; Chuang, 2010)

1. Tingkat *severity* pelanggan terhadap potensi atau efek yang muncul dari kegagalan. Penilaian (1 sampai 10)
2. Kemungkinan terjadinya penyebab kegagalan. Penilaian (1 sampai 10)
3. Action dalam melakukan pencegahan kegagalan. Penilaian (10 sampai 1)

Menurut (Ruy Victor B. dkk, 2014) FMEA dapat digunakan untuk meminimalisir *waste* dalam implementasi *lean*. Nilai *severity* dari jenis *waste* dapat digunakan sebagai indikator utama untuk perbaikan dalam sistem *lean*. Selain itu FMEA juga sebagai *tools* yang digunakan untuk mengelompokan jenis *waste* berdasarkan RPN. Hasil dari penerapan FMEA dalam mengeliminasi *waste* yaitu dengan cara menunjukan kelompok *waste* secara keseluruhan yang harus dilakukan perbaikan terlebih dahulu. Langkah-langkah dalam membuat FMEA adalah:

- a) Identifikasi proses
- b) Memberi daftar masalah-masalah potensial yang mungkin muncul, efek dari masalah dan penyebabnya
- c) Menilai permasalahan untuk tingkat keparahan (*severity*), *probability* atau *occurrence*, dan *detection*
- d) Menghitung *risk priority number* (RPN) dengan mengalikan *severity*, *occurrence*, dan *detection*.
- e) Menentukan solusi-solusi yang harus dilakukan

V. Control

Tahap ini merupakan tahap terakhir dari metode *six sigma*. Dalam tahap ini seluruh hasil dari peningkatan kualitas di kumpulkan dan dijadikan acuan. *Tools* yang sering digunakan dalam tahap ini adalah *control chart*. Dimana didalamnya terdapat batas atas dan batas bawah yang menunjukkan batasan proses masih terkendali atau tidak. Bagian-bagian dari *control chart* diantaranya:

- *Central line* yang menunjukkan nilai target yang di harapkan
- *Control Limit* meliputi UCL dan LCL
- Deviasi standar proses yang menunjukkan perubahan karakteristik kualitas yang ditetapkan pada kisaran nilai kendali

2.4 Integrasi *Lean* dan *Six Sigma*

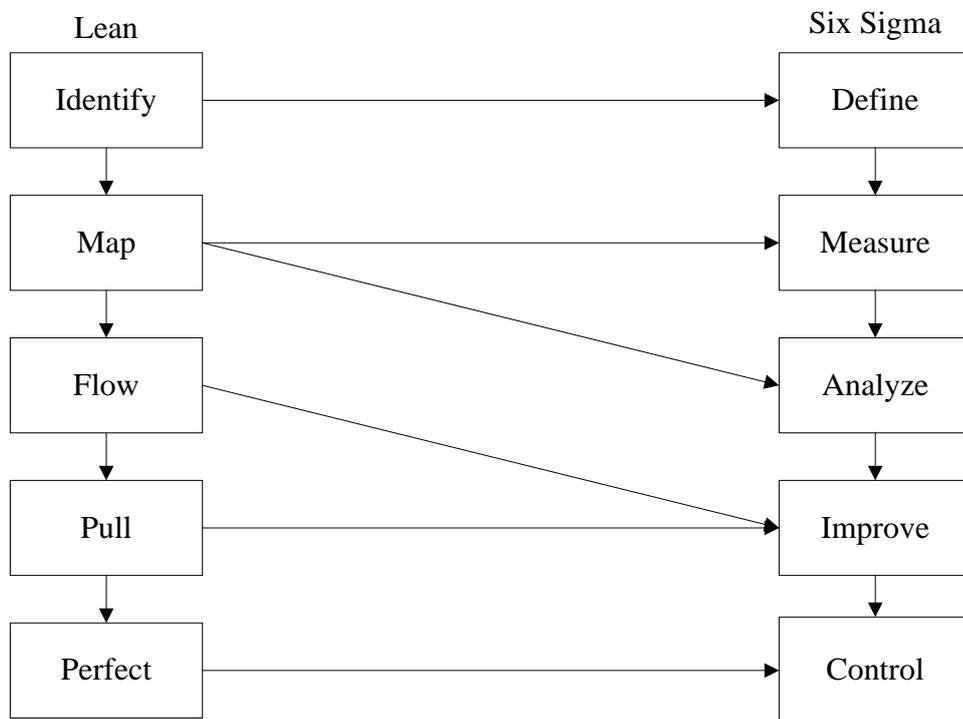
Lean dan *six sigma* merupakan metode yang memiliki hubungan komplementer dan saat ini telah banyak perusahaan yang membangun program *lean six sigma*, terutama setelah terbukti kemampuan *lean* dan *six sigma* telah berhasil meningkatkan bisnis perusahaan seperti GE dan Toyota.

Lean Six Sigma dapat dikatakan sebagai metodologi yang menitik beratkan pada penghapusan *waste* dan variasi berdasarkan struktur DMAIC, untuk mencapai kepuasan pelanggan yang berkaitan dengan kualitas, dan efisiensi, dengan kata lain *lean six sigma* berfokus pada peningkatan proses, kepuasan pelanggan, dan hasil keuangan dalam suatu proses bisnis.

Six sigma muncul pada tahun 2000an (Byrne dkk, 2007). Menurut (Sheridan, 2000) istilah *lean six sigma* merupakan gambaran dari sistem yang menggabungkan *lean* dengan *six sigma*. beberapa perusahaan yang telah menggunakan *six sigma* sebelum menggunakan *lean* menyebutnya *six sigma* dan yang lain menyebutnya dengan istilah *Six Sigma Lean* (Byrne dkk, 2007). Juga beberapa perusahaan menyebutnya *lean six sigma* tergantung pada metodologi awal yang mereka pilih sebagai inisiator.

Pada Gambar 2.6 menunjukkan hubungan antaran *lean* dan *six sigma*. model yang diusulkan dalam metode *lean six sigma* mengikuti tahapan DMAIC. pada fase *define* adalah suatu pemahaman untuk membuat nilai tambah bagi pelanggan atau

mendefinisikan permasalahan yang di hadapi perusahaan saat ini. Pada fase *mapping* pada *lean* adalah fase *measure* dan *analysis*, karena data dikumpulkan untuk melihat *baseline* seperti apa dan pada tahap ini mulai ada gambaran tentang usulan perbaikan, sehingga dari sana analisis mulai muncul. Integrasi *lean* menjadikan fase *measure* dan *analysis* dari *six sigma* lebih berkaitan satu sama lain. Fase *Improve* merupakan proses *flow* dan *pull* dari metode *lean* di sesuaikan untuk membuat nilai pada *flow* dengan cara yang lebih baik daripada cara sebelumnya dan untuk mengenalkan *pulling concept*. Yang terakhir adalah fase *control* yang merupakan fase penyempurnaan proses dengan cara memperkenalkan prosedur dan *control* untuk memastikan apakah proses harus dilakukan perbaikan atau tidak. (Salah S. dkk, 2010)



Gambar 2.6 Integrasi *Lean* dan *Six Sigma*

“Halaman ini sengaja di kosongkan”

BAB III METODOLOGI

Pada Bab tiga akan dibahas secara terperinci tentang metodologi penelitian. Metodologi penelitian berisi tentang penjelasan tahapan-tahapan yang akan dilakukan dalam penelitian diantaranya survey lapangan, studi pustaka, pengumpulan dan analisis data, peningkatan kalitas dan efisiensi produksi kemudian yang terakhir kesimpulan dan saran. Kelima tahap tersebut dapat dilihat pada gambar 3.1.

3.1 Survey Lapangan

Survey lapangan ditujukan untuk melihat keadaan proses produksi secara keseluruhan di PM1 saat ini, mulai dari *raw material* masuk sampai menghasilkan produk dan dikirim ke gudang sentral. Dari data *survey* lapangan peneliti dapat mengidentifikasi *waste* yang ada pada proses produksi.

3.2 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mencari dan mempelajari dasar teori yang diperlukan dalam penelitian. Dasar teori yang digunakan dalam penelitian diantaranya konsep *lean*, kualitas, *six sigma*, dan integrasi antara *lean* dan *six sigma*. Dasar teori tersebut didapat dari jurnal internasional, laporan penelitian, dan *e-book*.

3.3 Pengumpulan dan Analisis Data

3.3.1 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data-data yang dibutuhkan dalam penelitian kemudian data-data tersebut diolah menjadi informasi yang lebih mudah dipahami. Data-data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer didapat dari pengamatan langsung pada proses produksi, interview dengan staff lapangan dan penyebaran kuisioner. Sedangkan data sekunder merupakan data yang telah dimiliki perusahaan diantaranya profil perusahaan, proses produksi, mesin dan peralatan, manajemen organisasi, data produksi, dan data *broke rate*. Data ini nantinya digunakan untuk

mengetahui faktor-faktor penyebab cacat produk, perhitungan kapabilitas proses dan menentukan solusi-solusi yang cocok untuk di terapkan pada perusahaan.

Data primer yang di dapat berupa data proses produksi yaitu waktu yang di butuhkan dalam setiap proses dan aliran barang sampai ke gudang sentral. Data ini digunakan untuk mengidentifikasi jenis *waste* dan penyebabnya.

3.3.2 Tahap Analisis Data

I. Tahap *Define*:

Pada tahap *define* dilakukan untuk mendefinisikan permasalahan. Langkah dalam mendefinisikan permasalahan yaitu dengan menganalisis dan memilih parameter yang digunakan dalam evaluasi permasalahan kualitas dan efisiensi pada *annual report* PM1.

II. Tahap *Measure* dan *Analyze*

Pada tahap ini dilakukan pengukuran dan analisis terhadap parameter kualitas dan efisiensi. Untuk parameter kualitas dilakukan dengan mengukur *current sigma level* dan analisis jenis cacat yang berpengaruh signifikan terhadap masalah kualitas. Sedangkan untuk parameter efisiensi dilakukan dengan membuat *current state value stream mapping* dan menghitung *value added ratio*.

3.4 Peningkatan Kualitas dan Efisiensi Produksi

I. Tahap *Improve*

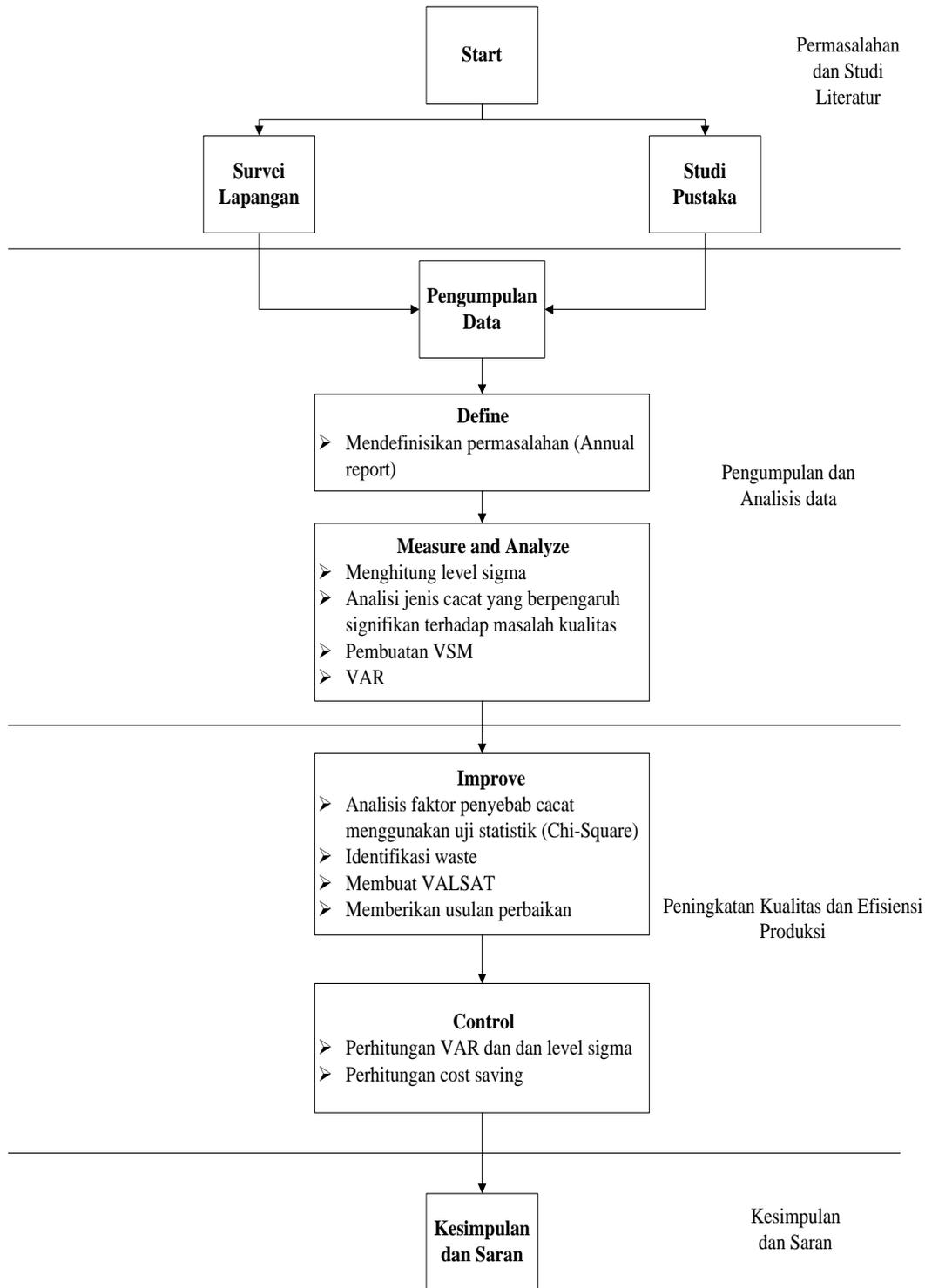
Dalam melakukan perbaikan pada permasalahan kualitas hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap cacat yang diprioritaskan dalam perbaikan pada tahap *analyze*. Penentuan faktor penyebab cacat dilakukan dengan menggunakan metode statistika *chi-square*. Sedangkan untuk parameter efisiensi dilakukan dengan menggunakan VALSAT yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis *waste* pada *seven waste* yang paling sering terjadi di lantai produksi PM1 dan menentukan *tools* yang cocok dalam mengeliminasi atau mereduksi jenis *waste* yang di prioritaskan tersebut. Selanjutnya memberikan usulan-usulan perbaikan untuk kedua parameter tersebut.

II. Tahap *Control*

Tahap *control* dilakukan untuk mengevaluasi hasil perbaikan yaitu dengan membandingkan *current* dan *future value added ratio* dan *level sigma*, serta menghitung *cost saving* yang dihasilkan setelah dilakukan perbaikan.

3.5 Tahap Kesimpulan dan Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada bab terakhir dibuat kesimpulan serta saran apabila peneliti lain ingin melanjutkan penelitian dengan topik yang sama.



Gambar 3.1 Metodologi Penelitian

BAB IV

PENGUMPULAN DAN ANALISIS DATA

Pada Bab ini akan dibahas secara terperinci mengenai pengumpulan dan analisis data. Data-data yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah profil perusahaan, struktur organisasi, data produksi dan cacat produk.

4.1 Profil Perusahaan

PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia Tbk merupakan pabrik kertas terbesar di Indonesia yang didirikan oleh Mr. Eka Cipta Widjaya dan Mr. Teguh Ganda Widjaya pada tanggal 2 oktober 1972. Pada awal berdirinya perusahaan perusahaan hanya memproduksi *caustic soda*. Dan pada tahun 1978 perusahaan mengembangkan bisnisnya dengan memproduksi kertas dengan kapasitas produksi kertas sebesar 12.000 ton/tahun. Kemudian di tahun 2013 kapasitas produksi kertas naik menjadi 1.277.000 ton/tahun. Sampai saat ini PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia sudah mempunyai *Paper Machine* sebanyak 13 unit, 3 unit mesin coating, dan 1 unit mesin NCR.

Kantor pusat PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia terletak di Sinarmas Land menara 2 lantai 7, jalan M.H. Thamrin nomor 51 dan pabrik terletak di Jalan raya Surabaya Mojokerto, Sidoarjo, Jawa Timur. Produk yang dihasilkan oleh PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia sangat beragam diantaranya kertas *foodgrade*, *carbon*, HVS, buku latihan, bantalan, spiral, buku sampul, buku gambar, *paper bag*, amplop, dan lain-lain. Pada awalnya bahan baku di yang digunakan adalah ampas tebu yang kemudian diganti dengan *pulp* yang terbuat dari serat kayu. PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia bersama sinarmas *pulp and paper products* (APP) untuk menjalankan usahanya secara berkelanjutan.

Visi dari PT. Pabrik kertas Tjiwi Kimia “*Become a leading and respected global paper company that provides superior value to customer, community, employees and shareholders responsibly and sustainably*”. Untuk mewujudkan visi tersebut APP dan perseroan berkomitmen menjalankan usaha secara berkelanjutan baik dari bidang ekonomi, sosial maupun lingkungan. APP dan perseroan berusaha mewujudkan komitmen tersebut dengan menerapkan pekerjaan menggunakan teknologi yang efisien dan ramah lingkungan, memberdayakan masyarakat sekitar,

menjalankan berbagai kelestarian lingkungan dan senantiasa melakukan perbaikan secara berkelanjutan. Sejak tahun 2010 sampai sekarang perseroan APP dan para pemasok kayu yang beroperasi di bawah naungan sinar mas forestry (SMF) telah melakukan pelestarian lingkungan, sistem pemasokan bahan baku, program konservasi, dan program sosial dan pemberdayaan masyarakat dengan peningkatan yang sangat signifikan. Kemudian Misi perusahaan adalah:

- Meningkatkan pangsa pasar di seluruh dunia
- Menggunakan teknologi mutakhir dalam mengembangkan produk baru serta menerapkan efisiensi pabrik
- Meningkatkan sumberdaya manusia melalui pelatihan
- Mewujudkan komitmen usaha berkelanjutan di semua kegiatan operasioanal.

Penelitian ini berfokus pada salah satu departemen produksi yaitu *paper machine 1* (PM1).

4.2 Struktur Organisasi

PM 1 PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia mempunyai struktur organisasi seperti di tunjukan pada Gambar 4.1. PM1 dipimpin oleh satu menejer produksi yang mengatur proses pada bagian *stock preparation*, *paper machine*, *winder*, dan *finishing*. Pada masing-masing bagian tersebut terdapat 4 *supervisor shift*, dan 1 *supporting technical*.



Gambar 4.1 Struktur Organisasi PM1

4.3 Produk

Pada penelitian ini hanya berfokus pada produk yang dihasilkan di *paper machine 1* yaitu kertas *foodgrade* untuk aplikasi bungkus makanan. Produk kertas *foodgrade* ditunjukkan pada gambar 4.2.



Gambar 4.2 Produk kertas *foodgrade*

4.4 Proses Produksi

Produksi kertas *foodgrade* pada PM1 dilakukan melalui 4 tahapan proses, diantaranya:

1. *Stock preparation*

Melakukan penggilingan *raw material (pulp)* kemudian memisahkan buburan *pulp* dari pengotor (kawat, pasir, kerikil, dll) pada proses *centry cleaner*, selanjutnya diproses di *refiner* yang bertujuan untuk membuat permukaan *pulp* lebih pipih dan berserabut, di proses *stocct preparation* yang terakhir yaitu proses pencampuran (*mixing*) buburan *pulp* dengan bahan pengisi atau campuran kertas daur ulang yang selanjutnya akan di distribusikan ke *paper machine*.

2. *Paper Making*

Buburan *pulp* yang didistribusikan dari *Stock preparation* masuk ke *headbox paper machine*, fungsi dari *headbox* adalah untuk mengatur *gramature* dan kecepatan antara semprotan buburan dan kecepatan putar *wire (J/W)*, pendistribusian buburan *pulp* ke *wire* berfungsi untuk mengurangi kadar air dan meratakan formasi kertas, selanjutnya lembaran

kertas menuju *press* untuk memadatkan struktur pada kertas dan menurunkan kadar air pada lembaran kertas, selanjutnya kertas masuk ke *yankee dryer* dan *dryer rool* dimana pada tahap ini kelembaban kertas rata-rata sudah mencapai 9%. Kemudian kertas masuk ke *calender reel* dan di gulung di *popereel* berupa *jumbo roll*.

3. *Winding*

Pada proses *winding*, *jumbo roll* dari *paper machine* akan di potong dan di gulung ulang pada *core* karton sesuai dengan SPK

4. *Finishing*

Pada proses *finishing*, apabila order berupa roll, potongan dari *winder* akan di timbang, *packing*, *labeling*, dan *scanning* kemudian masuk gudang. Apabila order berupa *sheet*, *finishing* akan memotong kertas dari bentuk gulungan menjadi *sheet* kemudian di *shorter*, ditimbang, *packing*, *labeling*, dan *scanning* kemudian masuk gudang.

4.5 Summary Annual report

Summary Annual report merupakan laporan pencapaian tahunan dalam perusahaan. *Summary annual report* ini di tujukan kepada pihak menejemen agar dapat mengevaluasi pencapaian dari beberapa departemen produksi. Perbandingan *Summary annual report* PM 1 tahun 2016 dan 2017 sampai dengan bulan oktober ditunjukkan pada Tabel 4.1

Tabel 4.1 *Summary Annual report Paper Machine 1*

PM1	AVG	
	2016	2017
Pope reel (Unit/Month)	5990.0	5720.0
finish good (Unit/Month)	5590.0	5329.0
output (Unit/Month)	4838.9	4470.4
Broke rate (%)	13.60	15.75
Lose time (Min)	4032.17	10684.83
WIP (Unit)	984.00	1003.00
NBKP cons. (%)	18.41	13.13
Pulp Ratio (%)	107.70	107.15

Tabel 4.1 *Summary Annual report Paper Machine 1 (Lanjutan)*

PM1	AVG	
	2016	2017
Average BW (Gsm)	39.57	40.02
Change Grade (Min)	36.92	37.18
Filler Content (%)	0.60	0.54
Power Consumption (kWh/Unit)	1568.28	1478.75
Steam Consumption (Unit/Unit)	1.95	2.72
Water consumption (M3/Unit)	15.97	23.94
Chemical Cost (USD/Unit)	303.91	307.42
Utillity Cost (USD/Unit)	124.15	116.93
Packaging Cost (USD/Unit)	22.17	34.64
COGM (USD/Unit)	1235.71	1251.58
COGS (USD/Unit)	1227.82	1217.43

4.6 Langkah-langkah Lean-Six Sigma

Langkah-langkah dalam metode *lean six sigma* dilakukan dengan mengikuti tahapan *Define, Measure, Analyze, Improvement, dan Control (DMAIC)*.

4.6.1 Define

Dalam mendefinisikan sebuah permasalahan pada penelitian ini dilakukan analisis laporan pencapaian tahunan (*Summary annual report*). Menurut pihak manajemen dan hasil analisis terdapat empat parameter yang diprioritaskan untuk evaluasi permasalahan kualitas dan efisiensi. Empat parameter tersebut adalah *broke rate, output, lose time*, dan WIP, dimana:

- *Output* merupakan *finish good* dari produksi PM1 yang telah masuk gudang dan siap dikirim ke *customer*
- *Broke rate* merupakan perbandingan produk cacat dengan *finish good*
- *Lose time* merupakan waktu yang terbuang saat operasional mesin. Misal *unpland down plan, sheet break*, kerusakan mesin, dan lain-lain
- WIP merupakan produk setengah jadi yang menunggu untuk proses berikutnya

Tabel 4.2 Parameter yang di prioritaskan dalam perbaikan

PM1	AVG		GAP
	2016	2017	
Output (Unit/Month)	4838.9	4470.4	-368.5
Broke rate (%)	13.6	15.75	2.15
Lose time (Min)	4032.2	10685	6652.7
WIP (Unit)	984	1003	19

Pada tabel 4.2 ditunjukkan adanya penurunan *output* produksi dari tahun 2016 dan 2017 yaitu sebesar 368.5 Unit/bulan, dimana pada tahun 2016 *output* rata-rata produk kertas *foodgrade* per bulan sebesar 4838,9 unit dan di tahun 2017 sebesar 4470,4 unit. Kemudian untuk *broke rate*, *lose time*, dan WIP mengalami peningkatan yaitu sebesar 2,15 %, 6652,7 menit, dan 19 unit. Parameter *broke rate* atau rasio produk cacat merupakan parameter yang mewakili kualitas sedangkan *output*, *lose time*, dan WIP merupakan parameter yang mewakili efisiensi berupa *lead time* yang ada pada proses produksi PM1.

4.6.2 Measure dan Analyze

Pada tahap ini dilakukan pengukuran dan analisis terhadap parameter kualitas dan efisiensi. Untuk parameter kualitas dilakukan dengan mengukur *current sigma level* dan analisis jenis cacat yang berpengaruh signifikan terhadap masalah kualitas. Sedangkan untuk parameter efisiensi dilakukan dengan membuat *current state value stream mapping* dan menghitung *value added ratio*.

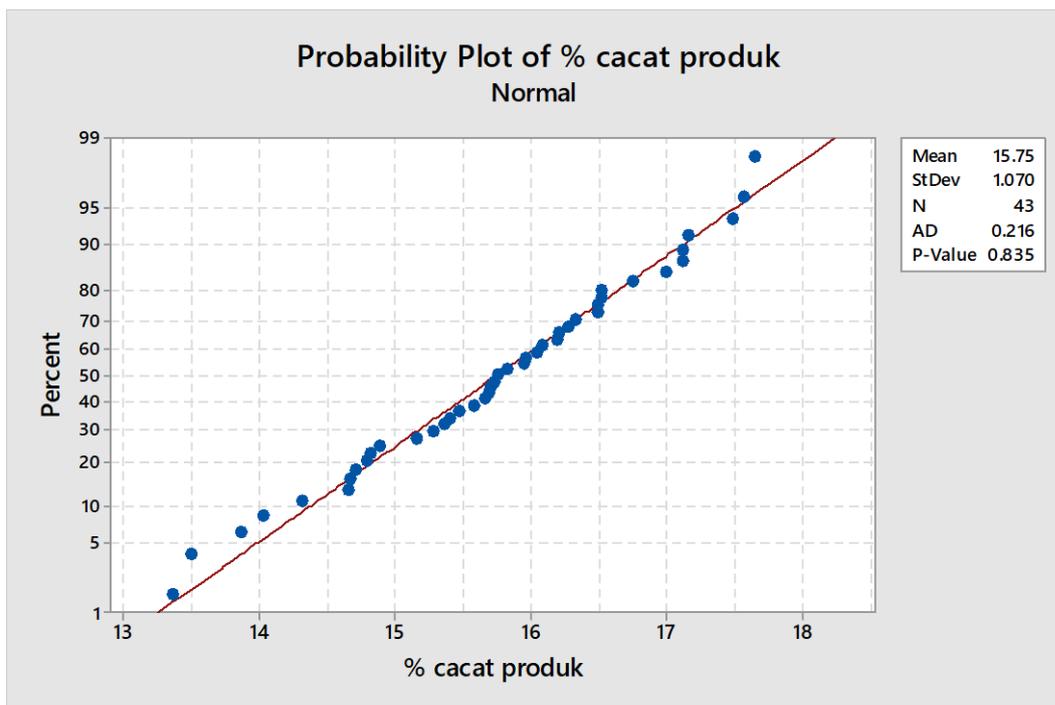
i. Uji Normalitas Data

Uji normalitas data merupakan hal penting yang harus dilakukan sebelum melakukan analisis pada parameter kualitas. Uji normalitas data ditujukan untuk mengetahui sebaran data pada data *broke rate* PM 1. Jika data yang diambil pada minggu ke 1 sampai dengan minggu ke 43 tahun 2017 (lampiran 2) berdistribusi normal maka dapat dikatakan bahwa data tersebut bisa mewakili keseluruhan data *broke rate* yang ada di PM 1. Pengujian normalitas data dilakukan menggunakan *software minitab 17*. Dalam pengujian ini terdapat dua pernyataan hipotesis yaitu:

Ho : Data berdistribusi normal

Ha : Data tidak berdistribusi normal

Dimana dalam pengujian ini daerah kritis untuk menolak Ho yaitu dengan pendekatan $p < \alpha$, dengan nilai α sebesar 0,05. Hasil pengujian ditunjukkan pada gambar 4.3. Pada hasil pengujian tersebut ditunjukkan bahwa nilai *P-Value* sebesar 0,835 yang berarti nilai tersebut lebih besar dari *confidence level* 0,05. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa data yang diambil dari minggu 1 sampai dengan minggu ke 43 tahun 2017 berdistribusi normal.



Gambar 4.3 Normality test data broke rate

ii. Pengukuran Current Level Sigma

Dalam perhitungan *current level sigma*, tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan distribusi probabilitas dari *broke rate* (rasio cacat produk) yang ada di PM 1. Distribusi probabilitas dari *broke rate* mengikuti distribusi Poisson (Besterfield, 2004). Pada lampiran 2 ditunjukkan jumlah cacat produk dari minggu 1 sampai dengan minggu ke 43 tahun 2017 sebesar 7.051 dari 44.764 produk yang di hasilkan. Perhitungan probabilitas produk cacat/produk dilakukan dengan menggunakan persamaan distribusi Poisson sebagai berikut:

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{x!}$$

$$\lambda = \text{DPU} = \frac{7051}{44764} = 0,157515$$

$$P(X = 0) = \frac{e^{-0.157515} \cdot 0.157515^0}{0!} = 0,85426$$

$$P(X > 0) = 1 - 0,85426 \\ = 0,14574$$

Hasil dari perhitungan probabilitas distribusi cacat produk kemudian diubah dalam DPMO dan didapat nilai sebesar 145.740. Nilai DPMO tersebut dapat diartikan bahwa pada proses produksi PM1 mempunyai peluang menghasilkan produk cacat sebesar 145.740 unit dari 1.000.000 unit produk yang dihasilkan. Selanjutnya nilai DPMO tersebut di konversikan dalam satuan *sigma* (lampiran 3) dan didapat nilai sigma sebesar 2,55.

iii. Penentuan *Critical to Quality*

Critical to quality (CTQ) ditentukan berdasar jenis-jenis cacat pada data *broke rate* yang dijadikan standar dalam monitoring kualitas. Jenis-jenis cacat tersebut ditunjukkan pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Jenis-jenis *defect*

No	Jenis Defect
1	<i>Hole</i>
2	Lipat Mati
3	Gramature Variasi
4	Tonase Kurang
5	<i>Piping</i> /Mlintir
6	Potongan Tidak Rata/ <i>Dusting</i>

iv. Kriteria Cacat

Kriteria cacat merupakan ukuran yang menjadi dasar dalam menentukan cacat atau tidak cacat pada produk. Kriteria cacat untuk jenis-jenis cacat yang dijadikan standar monitoring kualitas ditunjukkan sebagai berikut:

1. Hole

Hole merupakan cacat lubang pada kertas. Contoh cacat hole ditunjukkan pada gambar 4.4



Gambar 4.4 Cacat Hole

2. Lipat Mati

Lipat mati merupakan cacat lipatan yang ada pada roll kertas. Contoh cacat lipat mati ditunjukkan pada gambar 4.5



Gambar 4.5 Cacat Lipat Mati

3. Gramature Variasi

Gramature variasi merupakan jenis cacat yang menyebabkan ketebalan dari lembaran kertas tidak rata. Contoh cacat gramature variasi ditunjukkan pada gambar 4.6



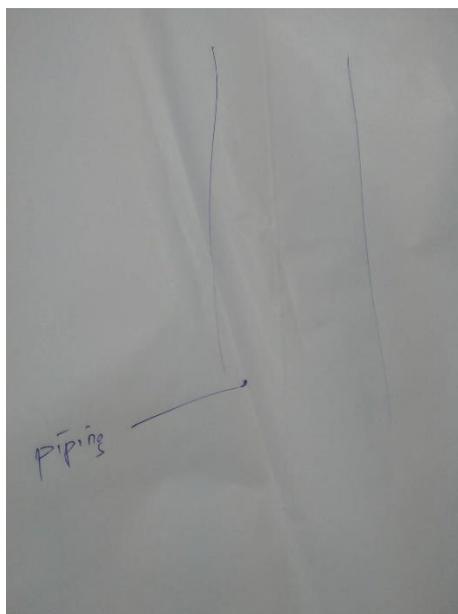
Gambar 4.6 Cacat Grammmature Variasi

4. Tonase Kurang

Tonase kurang merupakan jenis cacat karena berat produk yang dihasilkan kurang dari spek. Spek satu roll kertas *foodgrade* harus lebih besar dari 138kilogram (spek >138 Kg).

5. Piping/Mlintir

Cacat piping/melintir merupakan cacat melintir pada lembar kertas. Contoh cacat piping/melintir ditunjukkan pada gambar 4.7



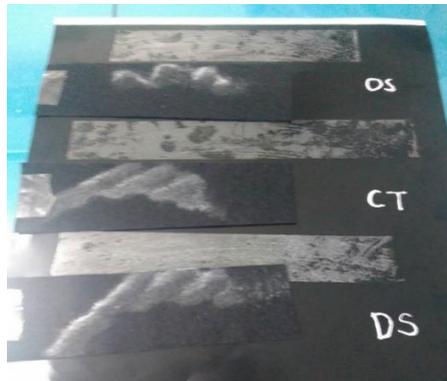
Gambar 4.7 Cacat Piping/Mlintir

6. Potongan tidak rata/*dusting*

Contoh cacat potongan tidak rata/*dusting* ditunjukkan pada gambar 4.8, sedangkan standar maksimal *dusting* yang diijinkan ditunjukkan pada gambar 4.9.



Gambar 4.8 Cacat Potongan tidak rata/*dusting*



Gambar 4.9 Standar maksimal *dusting*

v. Identifikasi Cacat

Berdasarkan data *broke rate* yang diambil dari minggu 1 sampai dengan minggu ke 43 tahun 2017 pada lampiran 2, jumlah dan proporsi untuk jenis-jenis cacat pada PM 1 ditunjukkan pada tabel 4.4.

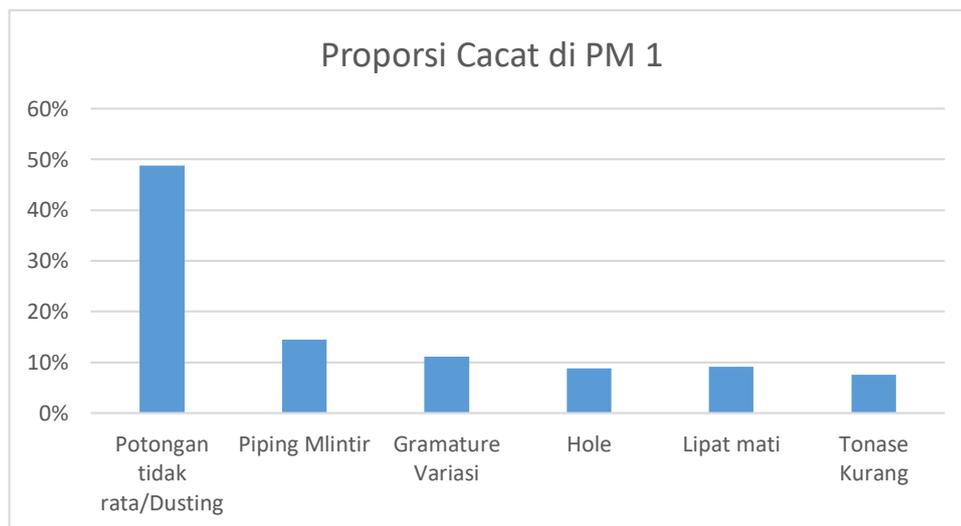
Tabel 4.4 Kontribusi jenis *defect* terhadap *broke rate*

No	Jenis Defect	Unit Cacat	Proporsi
1	Hole	625	9%
2	Lipat Mati	641	9%

Tabel 4.4 Kontribusi jenis defect terhadap broke rate (*Lanjutan*)

No	Jenis Defect	Unit Cacat	Proporsi
3	Gramature Variasi	785	11%
4	Tonase Kurang	536	8%
5	Piping Mlintir	1024	15%
6	Potongan tidak rata/Dusting	3440	49%
TOTAL		7051	100%

Hasil dari pengumpulan data cacat diatas kemudian dilakukan analisis untuk menentukan cacat yang berpengaruh signifikan terhadap munculnya permasalahan kualitas pada PM1. Analisis dilakukan dengan menggambarkan grafik proporsi untuk masing-masing jenis cacat. Grafik tersebut ditunjukkan pada gambar 4.10.



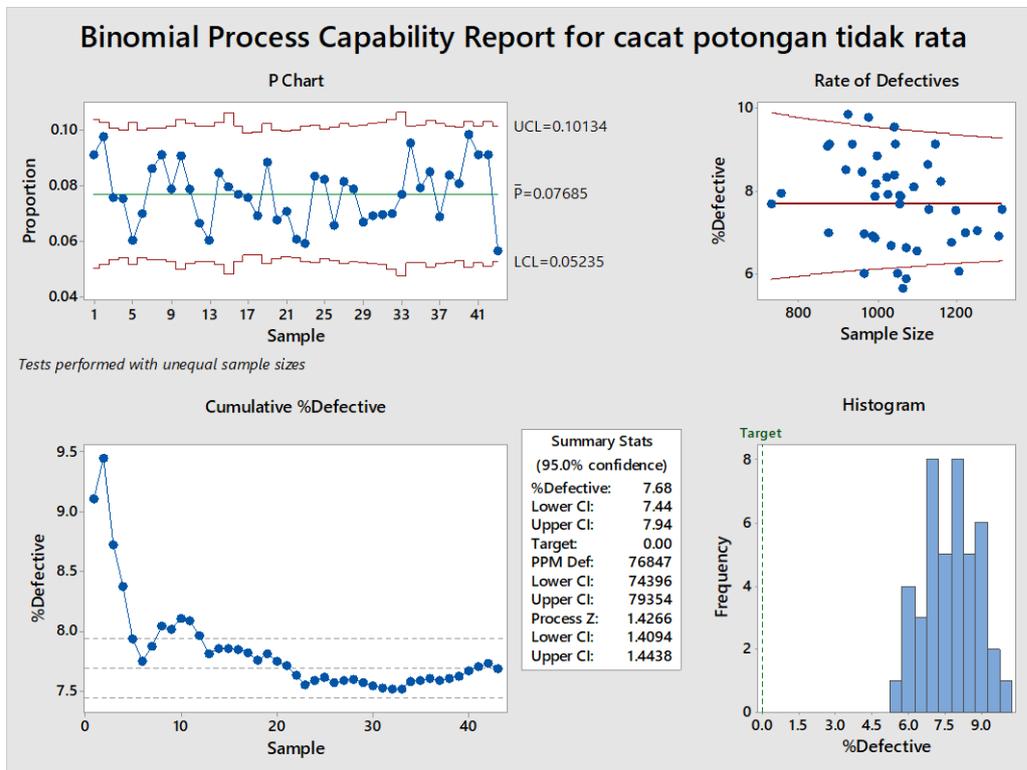
Gambar 4.10 Proporsi jenis cacat PM 1 Januari-Oktober 2017

Dari gambar diatas ditunjukkan bahwa cacat potongan tidak rata/*dusting* merupakan cacat yang mempunyai proporsi paling besar yaitu 49% dari keseluruhan cacat yang dihasilkan PM1. Berdasarkan data tersebut dapat di simpulkan bahwa cacat potongan tidak rata/*dusting* merupakan cacat yang

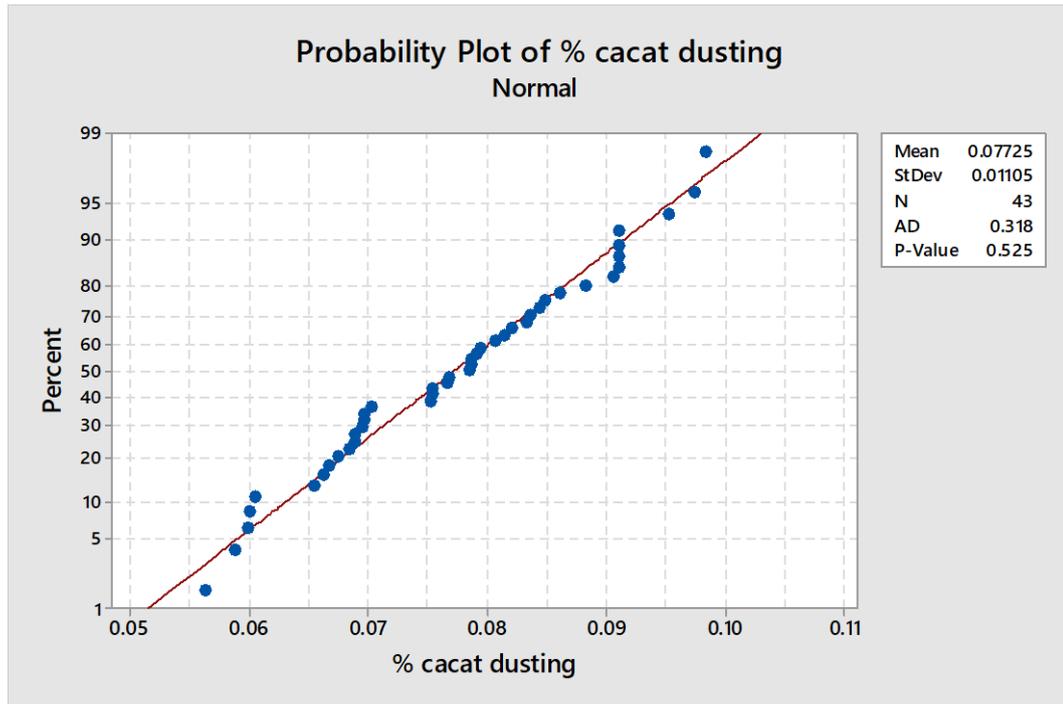
mempunyai pengaruh paling besar terhadap munculnya permasalahan kualitas. Oleh karena itu pihak manajemen dan peneliti bersepakat akan fokus untuk melakukan perbaikan pada jenis cacat tersebut.

vi. *Current Process Capability* Potongan tidak rata/Dusting

Pengukuran *process capability* dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan proses dalam pencapaian target kualitas. Pengukuran *current process capability* dan uji normalitas data potongan tidak rata/dusting dilakukan dengan menggunakan *software minitab 17*. Hasil pengukuran *current process capability* dan uji normalitas data cacat potongan tidak rata/dusting ditunjukkan pada gambar 4.11 dan 4.12. Pada hasil pengukuran *current process capability* ditunjukkan nilai *process z* sebesar 1,4266 dan persen *defective* sebesar 7,68. Semakin besar *process z* mengindikasikan bahwa performa dari proses tersebut semakin bagus.



Gambar 4.11 *Current Process Capability* Potongan Tidak Rata/Dusting



Gambar 4.12 Normality Test Cacat potongan tidak rata/dusitng

vii. *Current State value stream mapping*

Dalam rangka melakukan eliminasi atau reduksi *waste* yang ada pada proses produksi PM1 hal pertama yang dilakukan yaitu dengan menggambarkan *current state value stream mapping*. *Current state value stream mapping* merupakan peta yang memberikan gambaran tentang keseluruhan proses produksi beserta segala kegiatan yang ada di dalamnya saat ini. Terdapat dua aliran yang ada di dalamnya yaitu aliran informasi dan aliran material. Aliran informasi meliputi proses komunikasi antar departemen yang berkaitan seperti informasi tentang *demand customer*, ketersediaan *stock*, *deadline* pengiriman, dan lain-lain. Sedangkan aliran material meliputi proses perpindahan material antar bagian dan departemen. Aliran informasi dan material pada PM 1 di jelaskan sebagai berikut:

a) Aliran Informasi

Berdasarkan data yang di dapat dari perusahaan, aliran informasi pada departemen produksi PM1 sebagai berikut:

1. *Customer order* berdasarkan spek produk yang diinginkan melalui departemen *marketing*. Kemudian departemen *marketing* meneruskan informasi tersebut ke bagian PPIC,
2. Informasi order yang di dapat dari departemen *marketing* akan di jalankan oleh PPIC untuk dilakukan penjadwalan dan perencanaan produksi,
3. Kemudian PPIC mengkonfirmasi kepada bagian *purchasing* dan menejer produksi terkait tentang penjadwalan produksi, spek produk dan *stock raw material*.
4. Pemesanan *raw material* dari *supplier* dilakukan oleh *purchasing* yang kemudian disimpan di *warehouse raw material*.
5. Departemen produksi melakukan pemesanan *raw material* ke departemen *warehouse raw material* dalam sekali produksi (berdasar SPK)
6. Pada setiap line produksi mempunyai *supervisor* (SPV mesin, SPV Winder, dan SPV Finishing) yang salah satu tugasnya memberikan informasi tentang pencapaian harian (hasil produksi beserta permasalahan-permasalahan yang ada) kepada manajemen.
7. Sebelum masuk gudang dilakukan inspeksi pada produk. Apabila produk baik maka dari departemen QC akan memberikan informasi kepada departemen produksi dan produk siap dikirim ke gudang sentral, dan apabila pada inspeksi ditemukan produk cacat atau tidak sesuai dengan spesifikasi maka produk akan di *hold* oleh QC dan akan dilakukan *rework* pada produk tersebut.

b) Aliran Material

Aliran material produk pada proses pembuatan kertas ditunjukkan pada data di bawah :

1. Departemen *purchasing* memesan *raw material* kepada *supplier* dan disimpan di *warehouse* untuk di jadikan stoct.
2. *Warehouse raw material* akan mengirimkan *raw material* pada bagian produksi sesuai dengan spesifikasi produk yang akan di produksi.
3. *Raw material* berupa *pulp* dan *chemical* di kirim kebagian produksi (*Stock Preparation*) untuk di lakukan proses pada bagian SPE,

4. SPE melakukan proses penggilingan, *centry cleaning*, *refining* dan *mixing*. *Pulp* berupa lembaran yang nantinya akan digiling di mesin *pulper*, selanjutnya *pulp* masuk dalam *centry cleaner* untuk memisahkan antara buburan *pulp* dengan pengotor, selanjutnya dilakukan *refining* untuk menjadikan *pulp* lebih berserat. Setelah dilakukan proses *refining*, buburan *pulp* masuk ke *mixing chest* untuk mencampurkan *pulp* dengan bahan-bahan pengisi (*filler*).
5. *Pulp* yang telah di proses di SPE kemudian distribusikan ke *paper machine*. *Pulp* masuk melalui *headbox machine*, kemudian masuk ke *press section* untuk memadatkan lembaran kertas dan mengurangi kadar air pada lembaran kertas, selanjutnya masuk ke *yankee dryer*, *size press*, *post dryer*, *calender*, dan *pope reel* dalam bentuk gulungan kertas (*Jumbo roll*)
6. *Jumbo roll* kemudian di potong sesuai SPK pada bagian *winder*.
7. Setelah kertas di potong menjadi ukuran sesuai SPK, selanjutnya kertas masuk ke *quality control* untuk di inspeksi,
8. Produk yang di *accept* kemudian dibawa ke *finishing*, apabila order berupa *roll*, potongan dari *winder* akan di timbang, *packing*, *labeling*, dan *scanning* kemudian masuk gudang. Apabila order berupa *sheet*, *finishing* akan memotong kertas dari bentuk gulungan menjadi *sheet* kemudian di *shorter*, ditimbang, *packing*, *labeling*, dan *scanning* kemudian masuk gudang.

viii. Perhitungan *Current State Value Stream Mapping*

Pembuatan *current state value stream mapping* didasarkan pada proses yang ada di PM 1 antara lain *Stoct Preparation (SPE)*, *Paper Machine*, *Winder*, *Finishing*, dan *Warehouse*. Kelima proses tersebut sudah mempunyai waktu standar operasi, sehingga waktu siklus yang digunakan mengikuti waktu standar operasi proses yang sudah ada. Dalam pembuatan *current state value stream mapping* mengikuti langkah-langkah sebagai berikut:

1. Menggambarkan alur proses produksi mulai dari permintaan *Customer*, *Marketing*, *PPIC*, *Purchasing*, *Supplier*, *Warehouse*, *Stock Preparation*, *Papert Machine*, *Winder*, dan *Finishing*,
2. Mengidentifikasi aliran informasi dan material dari masing-masing proses,

3. Memasukan data-data terkait tentang waktu siklus proses, WIP, jumlah operator, dan rata-rata *customer demand*,
4. Menghitung waktu operasional per hari (*available time*) dan menghitung *takt time*

$$\text{Customer demand} = 149 \text{ unit/day}$$

Karena dalam satu hari ada tiga *shift* dan satu *shift* bekerja selama 8 jam maka *available time* dapat dihitung seperti persamaan di bawah ;

Available time = 8 jam x 60 menit x 3 *shift* = 1440 menit, sehingga didapat *takt time* sebesar

$$\text{Takt time} = \frac{\text{Available time}}{\text{Customer demand}} \quad (4.2)$$

$$\text{Takt time} = \frac{1140 \text{ menit/day}}{149 \text{ unit/day}} = 9,67 \text{ menit/unit}$$

5. Mengonversikan jumlah *stock* kedalam *lead time*

$$\text{Work in proses (WIP)} = 1.003 \text{ unit}$$

$$\text{Lead time stock} = \frac{\text{Stock}}{\text{Demand per day}} \quad (4.3)$$

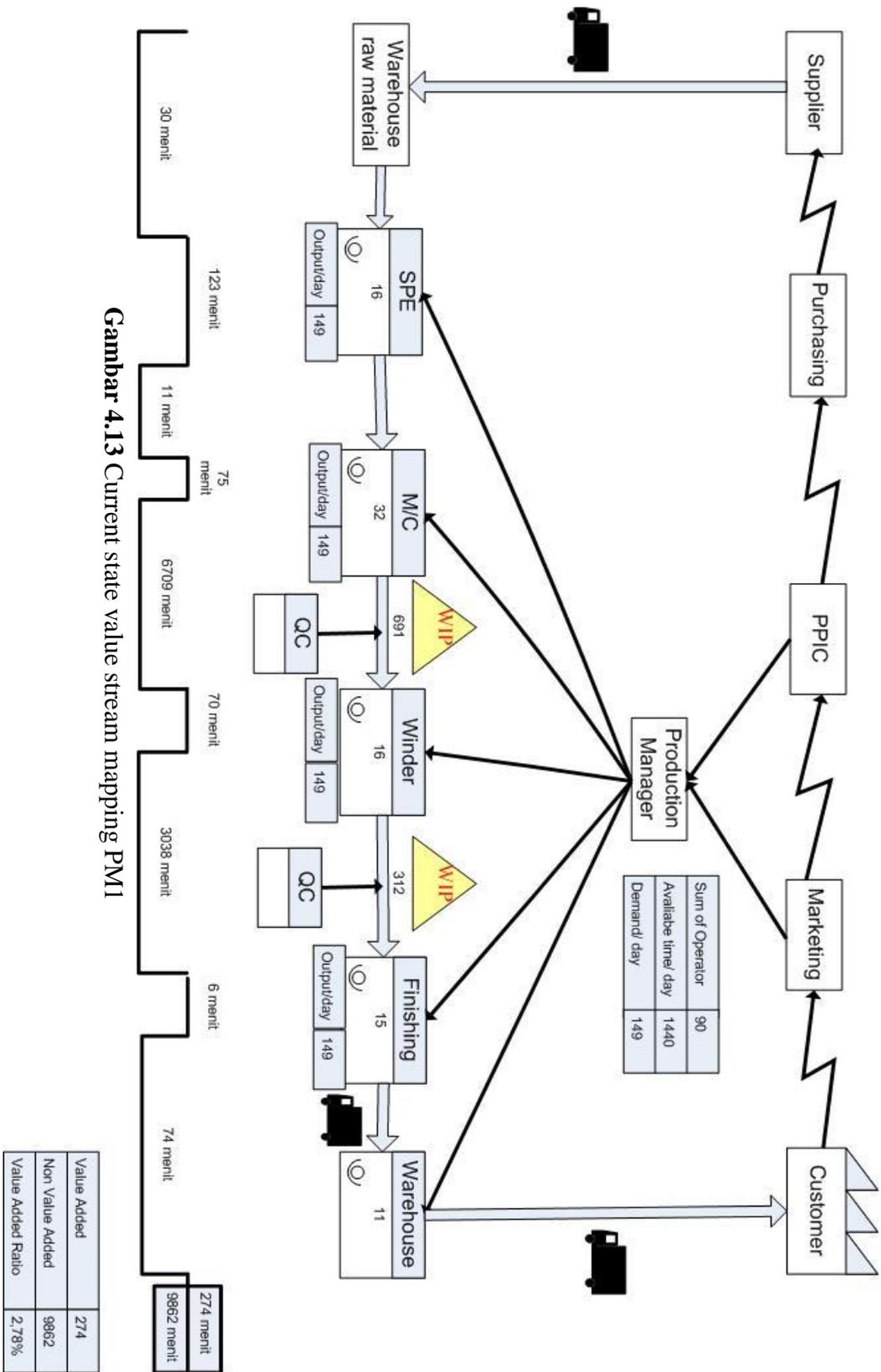
$$\text{Lead time stock} = \frac{1.003 \text{ unit}}{149 \text{ unit/day}} = 6,732 \text{ day} = 9694 \text{ menit}$$

6. Membuat diagram *value added* dan *non value added* di bagian bawah value stream mapping dan kemudian menghitung *value added ratio* seperti ditunjukkan pada persamaan di bawah ini

$$\text{Value added ratio} = \frac{\text{Value added}}{\text{non value added}} \quad (4.4)$$

$$\text{Value added ratio} = \frac{274 \text{ menit}}{9862 \text{ menit}} \times 100\% = 2,78\%$$

Hasil *current state value stream mapping* yang telah dibuat ditunjukkan pada gambar 4.13.



Gambar 4.13 Current state value stream mapping PM1

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

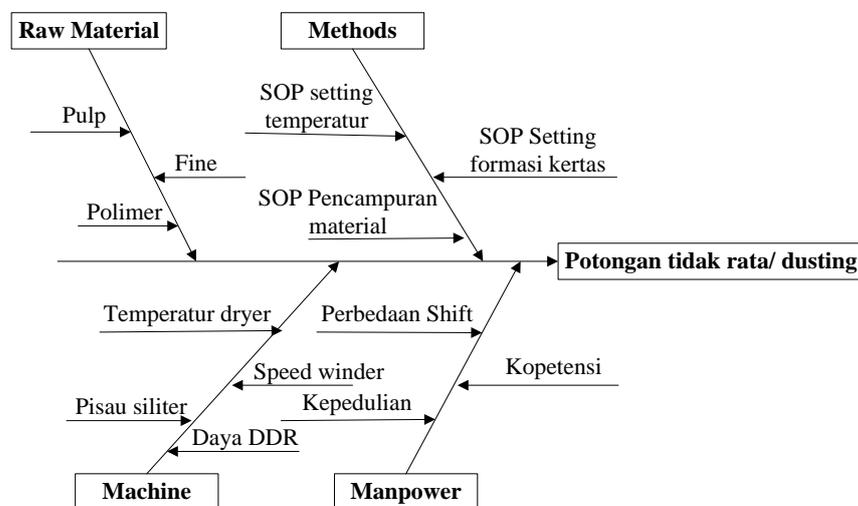
BAB V PENINGKATAN KUALITAS DAN EFISIENSI PRODUKSI

5.1 Improve

Pada tahap ini dilakukan perbaikan terhadap permasalahan kualitas dan efisiensi. Dalam melakukan perbaikan pada permasalahan kualitas hal pertama yang harus dilakukan adalah menentukan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan terhadap cacat potongan tidak rata/*dusting*. Penentuan faktor penyebab cacat dilakukan dengan menggunakan metode statistika *chi-square*. Sedangkan untuk parameter efisiensi dilakukan dengan menggunakan VALSAT yang bertujuan untuk mengidentifikasi jenis *waste* pada *seven waste* yang paling sering terjadi di lantai produksi PM1 dan menentukan *tools* yang cocok dalam mengeliminasi atau mereduksi jenis *waste* yang di prioritaskan tersebut. Selanjutnya memberikan usulan-usulan perbaikan untuk kedua parameter permasalahan tersebut.

5.1.1 Penentuan faktor penyebab cacat potongan tidak rata/*dusting*

Penentuan faktor penyebab cacat potongan tidak rata/*dusting* dilakukan dengan *brainstorming* dan *interview* kepada semua staff pada bagian produksi. Kemudian hasil dari *brainstroning* dan *interview* tersebut digambarkan dalam diagram *fishbone* seperti ditunjukkan pada gambar 5.1.



Gambar 5.1 Fishbone diagram faktor penyebab cacat

Dari data pada gambar 5.1, staff ahli dan menejemen menyimpulkan bahwa terdapat lima *critical factor* yang menyebabkan terjadinya cacat potongan tidak rata/*dusting*. Lima faktor tersebut seperti ditunjukkan pada tabel 5.1

Tabel 5.1 Critical factor dari cacat *dusting*

NO	Critical Factor
1	Setting formasi kertas
2	Speed winder
3	Temperatur dryer
4	Pisau siliter
5	Perbedaan shift

Dari lima *critical factor* tersebut kemudian dilakukan pengujian terhadap cacat potongan tidak rata/*dusting* menggunakan metode statistika *chi-square*. Pengujian *chi-square* dilakukan untuk membuktikan apakah ada hubungan yang signifikan antara *critical factor* dengan cacat potongan tidak rata/*dusting* yang terjadi di PM1. Penjelasan untuk masing-masing *critical factor* sebagai berikut:

1. *Setting Formasi Kertas*

Pada proses di *paper machine* terdapat *headbox* yang berfungsi untuk mensetting grammature dan formasi kertas. *Setting* formasi kertas dilakukan agar permukaan kertas yang dihasilkan rata (tidak bergelombang). Apabila kertas mempunyai formasi tidak rata pada proses pemotongan akan terjadi vibrasi sehingga menyebabkan *spool roll* goyang dan berdampak cacat potongan tidak rata/*dusting*.

2. *Speed Winder*

Proses di *winder* merupakan proses pemotongan dan penggulungan kembali dari *jumbo roll* menjadi roll kecil-kecil. Pada proses winder terdapat faktor penyebab terjadinya *defect dusting* yaitu pengaturan *speed*. Menurut staf ahli semakin cepat *speed* yang di berikan pada winder juga akan menyebabkan vibrasi pada *spool roll*.

3. *Temperature Dryer*

Kelembaban kertas juga berpengaruh terhadap cacat *dusting*. Apabila kertas yang dihasilkan sangat kering (kelembaban kurang) maka fine yang dicampurkan pada kertas akan lepas (rontok) dan apabila kertas terlalu basah akan menyebabkan tidak stabilnya proses pemotongan. Pengaturan kelembaban kertas di lakukan pada proses *dryer paper machine* dengan mengatur tingkar besarnya bukaan *valve steam* pada *dryer roll*.

4. *Penggantian Pisau Slitter*

Terjadinya *defect dusting* juga dipengaruhi dari tingkat ketajaman pisau slitter pada winder. Semakin tajam pisau slitter semakin baik hasil potongannya. Untuk mengoptimasi hasil potongan pada winder harus dilakukan penggantian pisau siliter secara berkelanjutan.

5. *Perbedaan Shift*

Di PT. Tjiwi kimia terdapat tiga *shift* dalam satu hari dengan waktu kerja sebanyak delapan jam. Pada proses pergantian *shift* ini memungkinkan munculnya variasi cacat *dusting*.

i. Pengujian Setting Formasi kertas

Pengujian ini dilakukan dengan mengambil data cacat potongan tidak rata/*dusting* yang dihasilkan pada saat setting formasi kertas dengan spread 0,5, 1, dan 1,5 selama 5 hari. Dalam pengujian ini terdapat dua pernyataan hipotesis yaitu:

Ho : Tidak terdapat perbedaan antara setting formasi kertas dengan spread 0,5; 1; dan 1,5 terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

H1: Terdapat perbedaan antara setting formasi kertas dengan spread 0,5; 1; dan 1,5 terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

Hasil dari pengambilan data ditunjukkan pada tabel 5.2 dan hasil dari pengujian *chi-square* ditunjukkan pada tabel 5.3

Tabel 5.2 Data *defect* yang dipengaruhi faktor setting formasi kertas

Setting formasi kertas	Output Product	Defect	TOTAL
0.5	890	61	951
1	1300	63	1363
1.5	1290	99	1389

Tabel 5.3. Hasil pegujian *chi-square critical factor setting* formasi kertas

Setting Formasi Kertas	Fo		Total	Fh		Chi-Square		Total
	Output Product	Defect		Output Product	Defect	Output Product	Defect	
0.5	890	61	951	893.73	57.27	0.02	0.24	7.98
1	1300	63	1363	1280.92	82.08	0.28	4.44	
1.5	1290	99	1389	1305.35	83.65	0.18	2.82	

Untuk mengetahui nilai *chi-square tabel*, terlebih dahulu ditentukan nilai derajat kebebasan (df). Dimana:

$$df : (\text{kolom}-1) \times (\text{baris}-1)$$

$$df = (2-1) \times (3-1) = 2$$

Kemudian dibandingkan nilai *chi-square* hitung dengan nilai *chi-square* tabel (lampiran 4) pada *confidence interval* = 0,05 (5%). Dari hasil pengujian tersebut ditunjukkan bahwa nilai *Chi-square* tabel < *Chi-square* hitung (5,99 < 7,98). Dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, jadi perbedaan setting formasi dengan spread 0,5, 1, dan 1,5 berpengaruh terhadap kemunculan cacat potongan tidak rata/*dusting*.

ii. Pengujian *Speed Winder*

Pada pengujian fotor *speed winder* dilakukan dengan mengambil tiga acuan *speed* yang selalu dipakai pada proses pemotongan di winder yaitu 850 rpm, 950 rpm, dan 1050 rpm selama 5 hari. Dalam pengujian ini ada dua pertanyaan hipotesis diantaranya:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan antara *speed* 850 rpm, 950 rpm, dan 1050 rpm terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

H1 : Terdapat perbedaan antara *speed* 850 rpm, 950 rpm, dan 1050 rpm terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

Hasil dari pengambilan data ditunjukkan pada tabel 5.4 dan hasil dari pengujian *chi-square* ditunjukkan pada tabel 5.5

Tabel 5.4 Data *defect* yang di pengaruhi Faktor *Speed Winder*

Speed Winder	Output Product	Defect	TOTAL
850 rpm	981	89	1070
950 rpm	890	81	971
1050 rpm	1285	88	1373

Tabel 5.5 Hasil pengujian *chi-square critical factor Speed winder*

Speed Winder	Fo		Total	Fh		Chi-Square		Total
	Output Product	Defect		Output Product	Defect	Output Product	Defect	
850 rpm	981	89	1070	989.14	80.86	0.07	0.82	4.33
950 rpm	890	81	971	897.62	73.38	0.06	0.79	
1050 rpm	1285	88	1373	1269.24	103.76	0.20	2.39	

Dari hasil pengujian tersebut ditunjukkan bahwa nilai *Chi-square* tabel $>$ *Chi-square* hitung ($5,99 > 4,33$). Dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak, jadi perbedaan *speed winder* tidak berpengaruh terhadap kemunculan cacat potongan tidak rata/*dusting*.

iii. Temperature *Dryer*

Parameter yang digunakan dalam pengujian temperature dryer dengan membandingkan persentase bukaan *valve dryer* dari 50%; 65%: dan 80% selama 5 hari. Dalam pengujian ini ada dua pertanyaan hipotesis diantaranya:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan antara bukaan *valve dryer* 50%; 65%: dan 80% terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

H_1 : Terdapat perbedaan antara *valve dryer* 50%; 65%: dan 80% terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

Hasil dari pengambilan data ditunjukkan pada tabel 5.6 dan hasil dari pengujian *chi-square* ditunjukkan pada tabel 5.7

Tabel 5.6 Data *defect* yang di pengaruhi faktor suhu *dryer*

Bukaan Valve Steam	Output Product	Defect	TOTAL
50%	1261	91	1352
65%	1093	88	1181
80%	971	71	1042

Tabel 5.7 Hasil pengujian *chi-square critical factor* Suhu *dryer*

Bukaan Valve Steam	Fo		Total	Fh		Chi-Square		Total
	Output Product	Defect		Output Product	Defect	Output Product	Defect	
50%	1261	91	1352	1257.45	94.55	0.01	0.13	0.58
65%	1093	88	1181	1098.41	82.59	0.03	0.35	
80%	971	71	1042	969.13	72.87	0.00	0.05	

Dari hasil pengujian tersebut ditunjukkan bahwa nilai *Chi-square* tabel $>$ *Chi-square* hitung ($5,99 > 0,58$). Dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima dan H_1 ditolak, jadi perbedaan suhu pada *dryer* tidak berpengaruh terhadap kemunculan cacat potongan tidak rata/*dusting*.

iv. Pengujian Faktor Penggantian Pisau Slitter

Untuk mengoptimalkan masa penggantian pisau slitter dilakukan pengujian terhadap jangka waktu penggantian pisau silliter yaitu:

- a) TOP slitter diganti 5 hari sekali BOTTOM 14 hari sekali
- b) TOP slitter diganti 7 hari sekali BOTTOM 30 hari sekali
- c) TOP slitter diganti 14 hari sekali dan BOTTOM 30 hari sekali

Dalam pengujian ini ada dua pertanyaan hipotesis diantaranya:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan antara jangka waktu a, b, c penggantian pisau slitter terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

H_1 : Terdapat perbedaan antara jangka waktu a, b, c penggantian pisau slitter terhadap terjadinya *defect* potongan tidak rata/*dusting*.

Hasil dari pengambilan data ditunjukkan pada tabel 5.8 dan hasil dari pengujian *chi-square* ditunjukkan pada tabel 5.9

Tabel 5.8 Data *defect* yang di pengaruhi Faktor Penggantian Pisau Slitter

Penggantian Pisau Siliter	Output Product	Defect	TOTAL
a	1209	75	1284
b	878	76	954
c	1098	99	1197

Tabel 5.9 Hasil pengujian *chi-square critical factor* Penggantian Pisau Siliter

Penggantian Pisau Siliter	Fo		Total	Fh		Chi-Square		Total
	Output Product	Defect		Output Product	Defect	Output Product	Defect	
a	1209	75	1284	1190.55	93.45	0.29	3.64	6.35
b	878	76	954	884.57	69.43	0.05	0.62	
c	1098	99	1197	1109.88	87.12	0.13	1.62	

Dari hasil pengujian tersebut ditunjukkan bahwa nilai *Chi-square* tabel < *Chi-square* hitung ($5,99 < 6,35$). Dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, jadi perbedaan jangka waktu penggantian pisau slitter berpengaruh terhadap kemunculan cacat potongan tidak rata/*dusting*.

v. Pengujian Faktor Shift

Pengujian perbedaan shift dilakukan dengan mengambil data cacat potongan tidak rata/ *dusting* selama 5 hari pada setiap *shift*. Dalam pengujian ini ada dua pertanyaan hipotesis diantaranya:

H_0 : Tidak terdapat perbedaan antara shift 1, shift 2, dan shift 3 terhadap terjadinya defect potongan tidak rata/*dusting*.

H_1 : Terdapat perbedaan antara shift 1, shift 2, dan shift 3 terhadap terjadinya defect potongan tidak rata/*dusting*.

Hasil dari pengambilan data ditunjukkan pada tabel 5.10 dan hasil dari pengujian korelasi faktor penyebab cacat ditunjukkan pada tabel 5.11

Tabel 5.10 Data *defect* yang di pengaruhi Faktor Perbedaan *shift*

Shift	Output Product	Defect	TOTAL
1	987	81	1068
2	981	75	1056
3	985	112	1097

Tabel 5.11. Hasil pengujian *chi-square critical factor* Perbedaan *shift*

Shift	Fo		Total	Fh		Chi-Square		Total
	Output Product	Defect		Output Product	Defect	Output Product	Defect	
1	987	81	1068	979.14	88.86	0.06	0.70	7.95
2	981	75	1056	968.14	87.86	0.17	1.88	
3	985	112	1097	1005.73	91.27	0.43	4.71	

Dari hasil pengujian tersebut ditunjukkan bahwa nilai *Chi-square* tabel < *Chi-square* hitung ($5,99 < 7,95$). Dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak dan H_1 diterima, jadi perbedaan *shift* berpengaruh terhadap kemunculan cacat potongan tidak rata/*dusting*.

5.1.2 Hasil Pengujian Faktor Penyebab Cacat

Hasil pengujian kelima *critical factor* penyebab cacat *dusting* ditunjukkan pada tabel 5.12.

Tabel 5.12 Hasil pengujian *critical factor* penyebab cacat

Faktor Penyebab cacat	Chi-Square Hitung	Chi-Square Table	Hasil	Tes hipotesis
Setting formasi kertas	7,98	5,99	Signifikan	Tolak H_0
Speed winder	4,33	5,99	Tidak Signifikan	Terima H_0
Temperatur dryer	0,58	5,99	Tidak Signifikan	Terima H_0
Penggantian pisau slitter	6,35	5,99	Signifikan	Tolak H_0
Perbedaan shift	7,95	5,99	Signifikan	Tolak H_0

Pada tabel 5.12 ditunjukkan ada tiga faktor yang mempunyai pengaruh signifikan terhadap munculnya cacat potongan tidak rata/*dusting* diantaranya setting formasi kertas, penggantian pisau *slitter*, dan perbedaan *shift*.

5.1.3 VALSAT

Value stream analysis tools (VALSAT) merupakan alat yang digunakan untuk mempermudah penanganan *waste* yang ada dalam *value stream* (Hine and Rich, 1997). Prinsip VALSAT yaitu melakukan identifikasi *waste* yang terjadi dalam proses produksi, kemudian menentukan *tools* yang cocok dalam penghapusan *waste*.

i. Identifikasi Waste

Identifikasi *waste* dilakukan dengan cara *brainstorming* dan penyebaran kuisioner kepada 25 responden yang didalamnya adalah staff ahli, menejer produksi, *quality control*, *supporting*, dan *supervisor shift*. Tujuan dari penyebaran kuisioner ini untuk mengetahui kondisi aktual dilapangan dan memberikan bobot terhadap *seven waste* yang ada pada proses produksi. Kuisioner yang disebarkan berisikan tentang pertanyaan-pertanyaan tentang tingkat keseringan *waste* tersebut muncul. Pilihan jawaban telah disertakan dalam kuisioner tersebut dimana untuk pilihan 0 berarti (*waste* tersebut tidak pernah terjadi), 1 (6 bulan sekali terjadi), 2 (1 bulan sekali terjadi), 3 (1 minggu sekali terjadi), 4 (1 hari sekali terjadi), dan 5 (8 jam sekali terjadi). Hasil identifikasi *waste* yang sudah dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.13.

Tabel 5.13 Hasil identifikasi waste

No	waste	Responden																									Bobot	Ranking
		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		
1	Waiting	3	4	4	3	4	2	4	4	4	2	3	3	3	2	4	3	4	4	4	5	5	2	3	3	3	3.4	3
2	Over production	2	3	3	3	3	3	3	3	2	2	1	3	3	1	1	1	1	3	3	2	2	2	2	2	2	2.24	4
3	Defect	5	5	5	5	5	5	4	3	4	5	5	5	5	5	3	3	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.64	1
4	Unnecessary Motion	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1.24	7
5	Inappropriate Processing	1	2	1	1	1	2	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1.44	6
6	Unnecessary Inventory	5	5	5	4	4	4	4	3	2	3	3	3	4	4	4	4	4	3	5	5	4	5	5	5	5	4.08	2
7	Inefficiency Transportation	1	2	1	1	2	3	2	2	2	2	1	1	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1.88	5

Dilihat dari tabel 5.13 urutan jenis *waste* yang sering muncul di lantai produksi PM1 adalah *Defect, Inventory, waiting, over production, transportation, inappropriate proses, dan motion.*

Pada penelitian ini akan difokuskan dalam eliminasi atau mereduksi dua jenis *waste* berdasarkan tingkat sering terjadinya, yaitu *defect* dan *inventory*. Data *inventory* dan *defect* pada bulan oktober 2017 ditunjukkan pada gambar 5.2 dan gambar 5.3



Weeks	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu	Minggu
1	994	992	975	968	979	987	1010
2	997	994	977	988	992	989	992
3	1005	1009	1020	996	1004	976	1007
4	991	987	1003	1005	995	1009	1003
5						1012	1003
Average	996.75	995.5	993.75	989.25	992.5	994.6	1003

Gambar 5.2. Data Inventory bulan oktober 2017

Pada gambar 5.2 ditunjukkan data *inventory* (WIP) pada bulan oktober 2017 dengan nilai *inventory* sebesar 1003 unit. Pada gambar tersebut juga ditunjukkan bahwa nilai *inventory* relatif stabil. Selain itu jumlah *inventory* yang ada pada PM1 sangat melebihi dari *demand* produk per hari yang rata-rata nilainya sebesar 149 unit. Jumlah WIP yang terlalu banyak tersebut akan mengakibatkan penurunan efisiensi, oleh sebab itu perlu dilakukan perbaikan pada proses untuk menurunkan jumlah *inventory* tersebut.



Gambar 5.3. Data cacat bulan oktober 2017

Samahalnya dengan *inventory*, cacat produk yang di hasilkan PM1 juga akan bedampak pada penurunan efisiensi perusahaan. Pada gambar 5.3 ditunjukkan nilai rata-rata *broke rate* (rasio produk cacat) yang yang dihasilkam PM1 di bulan oktober 2017 sebesar 15,03%. Nilai *broke rate* tersebut tentunya sangatlah besar dan perlu dilakukan perbaikan.

ii. Pemilihan tools VALSAT

Dalam pemilihan *tools* VALSAT yang harus dilakukan adalah mengalikan skor *waste* dari hasil identifikasi dengan nilai korelasi pada masing-masing *tools*. Nilai korelasi untuk masing masing *tools* seperti ditunjukkan pada tabel 5.14.

Tabel 5.14 Matrix Value Stream Analysis Tools

Waste/ Structure	Process Activity Mapping	Supply Chain Respon Matrix	Product Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Over production	L	M		L	M	M	
Waiting	H	H	L		M	M	
Transport	H						L
Inappropriate Process	H		M	L		L	

Tabel 5.14 *Matrix Value Stream Analysis Tools (Lanjutan)*

Waste/ Structure	Process Activity Mapping	Supply Chain Respon Matrix	Product Variety Funnel	Quality Filter Mapping	Demand Amplification Mapping	Decision Point Analysis	Physical Structure
Unnecessary Inventory	M	H	M		H	M	L
Unnecessary Motion	H	L					
Defect	L			H			
Overall structure	L	L	M	L	H	M	H

Untuk *tools* dengan indikator H (High) skor *waste* dikali dengan 9, M (Medium) dikali dengan 3, dan L (Low) dikali dengan 1. Sedangkan untuk *waste* yang tidak berkorelasi dengan *tools* dikali dengan 0. Hasil perhitungan VALSAT ditunjukkan pada tabel 5.15.

Tabel 5.15 Hasil perhitungan VALSAT

No	waste	Bobot	VALSAT						
			PAM	SCRM	PVF	QFM	DAM	DPA	PS
1	Waiting	3.4	30.6	30.6	3.4	0	10.2	10.2	0
2	Over production	2.24	2.24	6.72	0	2.24	6.72	6.72	0
3	Defect	4.64	4.64	0	0	41.76	0	0	0
4	Unnecessary Motion	1.24	11.16	1.24	0	0	0	0	0
5	Inappropriate Processing	1.44	12.96	0	4.32	1.44	0	1.44	0
6	Unnecessary Inventory	4.08	4.08	36.72	12.24	0	36.72	12.24	4.08
7	Inefficiency Transportation	1.88	16.92	0	0	0	0	0	1.88
TOTAL			82.6	75.28	19.96	45.44	53.64	30.6	5.96

Pada penelitian ini akan berfokus pada satu *tools* yang mempunyai skor paling besar yang di gunakan dalam eliminasi *waste*. Dari hasil perhitungan VALSAT ditunjukkan bahwa *tools Process Activity Mapping* merupakan *tools* yang mempunyai total nilai paling besar yaitu 82,6, sehingga *tools* tersebutlah yang nantinya akan digunakan dalam perbaikan.

iii. Process Activity Mapping (PAM)

Proses activity mapping (PAM) merupakan *tools* yang digunakan untuk menggambarkan seluruh aktivitas dan mengeliminasi aktifitas yang tidak penting atau kurang penting sehingga mendapatkan aktifitas yang lebih sederhana. Terdapat 5 aktifitas ada pada PAM yaitu *operation, transport, inspect, storage, dan delay*.

Pada PAM terdapat 4 faktor yang digunakan sebagai dasar dalam melakukan perbaikan yaitu aktivitas, jumlah operator, waktu operasioanal, dan jarak dari pengiriman suatu aktifitas ke aktifitas yang lain. PAM yang ada pada PM1 saat ini ditunjukkan pada lampiran 5.

Berdasarkan data PAM tersebut diperoleh jumlah aktivitas dan waktu yang digunakan dalam masing-masing aktivitas seperti ditunjukkan pada tabel 5.16.

Tabel 5.16 Hasil *Current Process Activity Mapping*

Aktivitas	Jumlah Aktivitas	Persentase (%)	Waktu (menit)	Persentase (%)	VA	NVA	NNVA
Operation	18	53%	301	2.97%	229	-	72
Transport	7	21%	67	0.66%	-	7	60
Delay	5	15%	50	0.49%	45	-	5
Inventory	2	6%	9693	95.63%	-	9693	-
Inspection	2	6%	25	0.25%	-	-	25
Total	34		10136		274	9700	162

Pada tabel 5.16 ditunjukkan bahwa jenis aktivitas yang sering dilakukan adalah jenis aktivitas operasional dengan jumlah aktivitas sebanyak 18 jenis atau 53% dari keseluruhan aktivitas. Sedangkan jumlah waktu yang dipakai paling banyak dilakukan adalah *inventory* yaitu sebesar 9693 menit atau 95,63 % dari keseluruhan waktu yang digunakan.

5.1.4 Usulan Perbaikan

Setelah dilakukan identifikasi faktor penyebab cacat potongan tidak rata/*dusting* dan *waste* yang sering terjadi pada PM1, langkah selanjutnya yang

dilakukan yaitu memberikan usulan perbaikan terhadap parameter kualitas dan efisiensi. Usulan perbaikan yang diberikan ditunjukkan pada tabel 5.17.

Tabel 5.17 Root Cause Analyze dan Usulan Perbaikan

No	Jenis Waste	Root Cause	Usulan perbaikan
1	Defect (Dusting)	Setting formasi kertas	Upgrade slice pada headbox
			Modifikasi winder
		Penggantian Pisau Siliter	Penjadwalan penggantian pisau slitter
		Perbedaan Shift	<i>Tinning</i>
2	Inventory	Adanya WIP antar proses	<i>Pull system</i> antar proses

Dasar dari usulan-usulan perbaikan yang diberikan peneliti diantaranya:

a) *Upgrade slice* pada *Headbox*

Slice berfungsi untuk mengatur kecepatan pendistribusian buburan *pulp* agar sama dengan kecepatan *wire*. Dengan menyeragamkan kecepatan antara pendistribusian buburan *pulp* dan *wire* akan dihasilkan produk kertas dengan formasi dan gramatur yang sama pada semua bagian. Saat ini *headbox* pada PM 1 masih menggunakan manual *slice* untuk *setting* formasi kertas, sehingga proses *setting* tidak dapat terkontrol dengan baik. Dengan mengupgrade *auto slice* pada *hedbox* operator dapat melakukan *setting* dan memonitoring formasi kertas langsung dari DCS, sehingga proses setting formasi kertas lebih dapat terkontrol.

b) Modifikasi Winder

Proses pemotongan kertas pada winder akan menghasilkan sisa-sisa debu yang masih menempel pada bekas potongan. Dengan menambahkan *flexible*

house pada masing-masing pisau slitter debu bekas potongan akan dihisap oleh *vacuum* yang diberikan pada setiap *flexible house*.

c) Penjadwalan Penggantian Pisau Slitter

Selama ini top dan bottom pisau slitter hanya diganti pada saat stop mesin dan apabila terjadi masalah-masalah pada proses pemotongan (kertas sering sobek dan melilit saat di potong). Tingkat ketajaman pisau slitter sangat berpengaruh terhadap hasil potongan kertas salah satunya adalah muncul cacat potongan tidak rata/dusting, oleh sebab itu penggantian pisau slitter harus dilakukan secara teratur dan terjadwal.

d) *Trinning*

Permasalahan pada segi operator *shift* kebanyakan disebabkan oleh kurangnya pengetahuan operator dalam mengatasi permasalahan cacat potongan tidak rata/dusting. Sehingga pada permasalahan ini manajemen melakukan perbaikan pada SDM khususnya operator dengan memberikan *trinning*.

e) *Pull System*

Permasalahan efisiensi yang ada di PM1 kebanyakan disebabkan oleh *inventory/WIP* antar proses (PM-Winder, Winder-Finishing). Dengan menerapkan *pull system* antar proses salah satu keuntungan yang didapat adalah jumlah WIP antar proses dapat di standarkan.

Dari usulan-usulan perbaikan yang telah diberikan peneliti, pihak manajemen setuju untuk mengimplementasikan usulan perbaikan tersebut. Detail perbaikan yang dilakukan ditunjukkan pada tabel 5.18.

Tabel 5.18 Detail perbaikan pada PM1

No	Perbaikan	Detail Perbaikan
1	<i>Upgrade slice</i> pada <i>headbox</i>	<i>Upgrade slice</i> menjadi otomatis
2	Modifikasi winder	Menambahkan <i>flexible house</i> pada setiap pisau slitter
3	Penjadwalan penggantian pisau slitter	Membuat jadwal penggantian pisau slitter pada winder, untuk <i>top</i> sliter 1 minggu sekali dan <i>bottom</i> 1 bulan sekali.

Tabel 5.18 Detail perbaikan pada PM1 (Lanjutan)

No	Perbaikan	Detail Perbaikan
4	<i>Trinning</i>	Memberikan <i>trinning</i> kepada semua staff khususnya operasional
5	<i>Pull system</i> antar proses	Membuat <i>pull system</i> antara <i>finishing</i> dengan <i>winder</i> dan <i>winder</i> dengan <i>paper machine</i>

5.1.5 Implementasi Perbaikan

Implementasi perbaikan di PM 1 secara keseluruhan dilakukan selama 47 hari. Proses implementasi dari usulan perbaikan di jelaskan sebagai berikut

a) *Upgrade slice* pada *headbox*

Headbox yang awalnya menggunakan *slice* manual (Gambar 5.4) sekarang sudah 90 % otomatis (Gambar 5.5). Proses *upgrade auto slice* pada *headbox* dilakukan selama 27 hari.



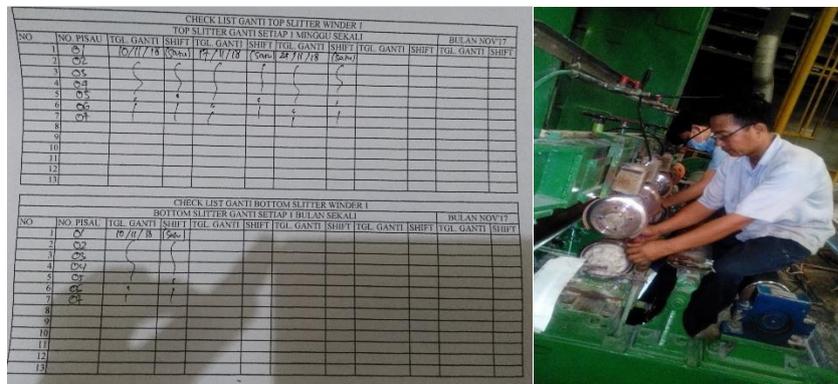
Gambar 5.4 Manual Slice Pada Headbox



Gambar 5.5 Auto Slice Pada Headbox

b) Penggantian Pisau Slitter

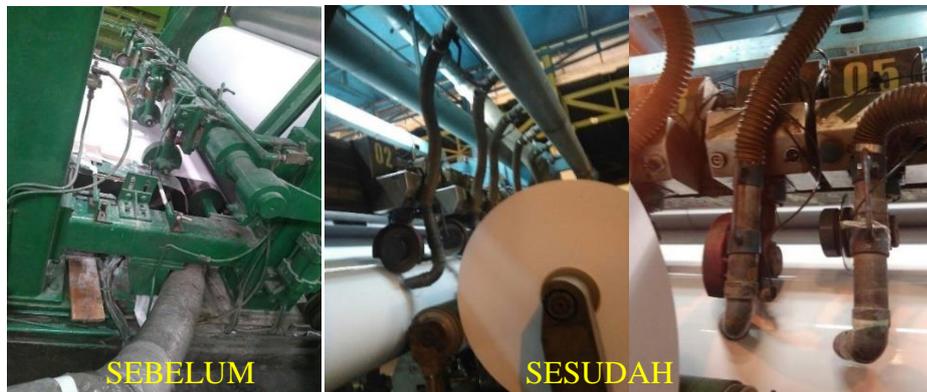
Membuat jadwal penggantian pisau slitter pada winder, untuk *top* sliter 1 minggu sekali dan *bottom* 1 bulan sekali. *Ceck list* dan penggantian pisau slitter ditunjukkan pada gambar 5.6.



Gambar 5.6 Cecklist dan penggantian pisau slitter

c) Modifikasi Winder

Melakukan modifikasi pada winder dengan menambahkan *flexible house* pada masing-masing pisau slitter. Kondisi winder sebelum dan sesudah dilakukan modifikasi seperti ditunjukkan pada gambar 5.7. Proses modifikasi winder ini dilakukan selama 6 hari.



Gambar 5.7 Winder sebelum dan setelah modifikasi

d) Trinning

Pelaksanaan *trinning* kepada staff operator dilakukan selama 8 hari. Dokumentasi untuk *trinning* PM1 oleh staff ahli ditunjukkan pada gambar 5.8.



Gambar 5.8 Aktivitas *Trinning* pada staff operator PM1

5.1.6 Hasil Perbaikan

Setelah mengimplementasikan usulan-usulan perbaikan yang sudah diberikan, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan *future process capability* dan *future state value stream mapping* yang tujuannya untuk membandingkan proses produksi di PM1 sebelum dan setelah perbaikan.

i. *Future Process Cappability* Potongan tidak rata/*Dusting*

Pengukuran *future process cappability* dilakukan dengan menggunakan *software* minitab 17. Data yang digunakan dalam pengukuran *future process cappability* dan adalah data cacat potongan tidak rata/*dusting* pada minggu ke 1 sampai 5 pada bulan januari 2018. Data tersebut ditunjukkan pada tabel 5.19.

Tabel 5.19 Data Cacat PM 1 Bulan Januari 2018

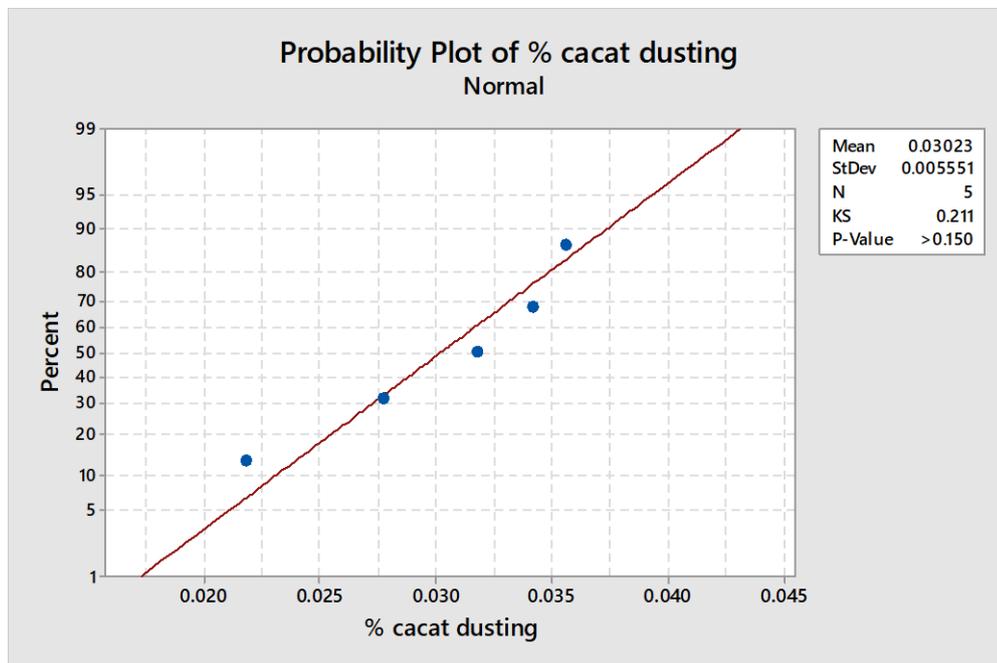
No	Defect	Week				
		1	2	3	4	5
1	Hole	22	22	18	8	4
2	Lipat Mati	9	10	9	9	4
3	Gramature Variasi	16	16	32	20	0
4	Tonase Kurang	33	33	26	40	11
5	Piping Mlintir	9	9	9	8	18
6	Potongan tidak rata/ <i>dusting</i>	30	31	20	32	10
Total defect		119	121	114	117	47
output		878	975	916	899	360

Sebelum dilakukan pengukuran *future process capability* asumsi pertama yang harus dipenuhi adalah bahwa data cacat potongan tidak rata/*dusting* setelah perbaikan berdistribusi normal. Pengujian normalitas data dilakukan menggunakan *software minitab* 17. Dalam pengujian ini terdapat dua pernyataan hipotesis yaitu:

Ho : Data berdistribusi normal

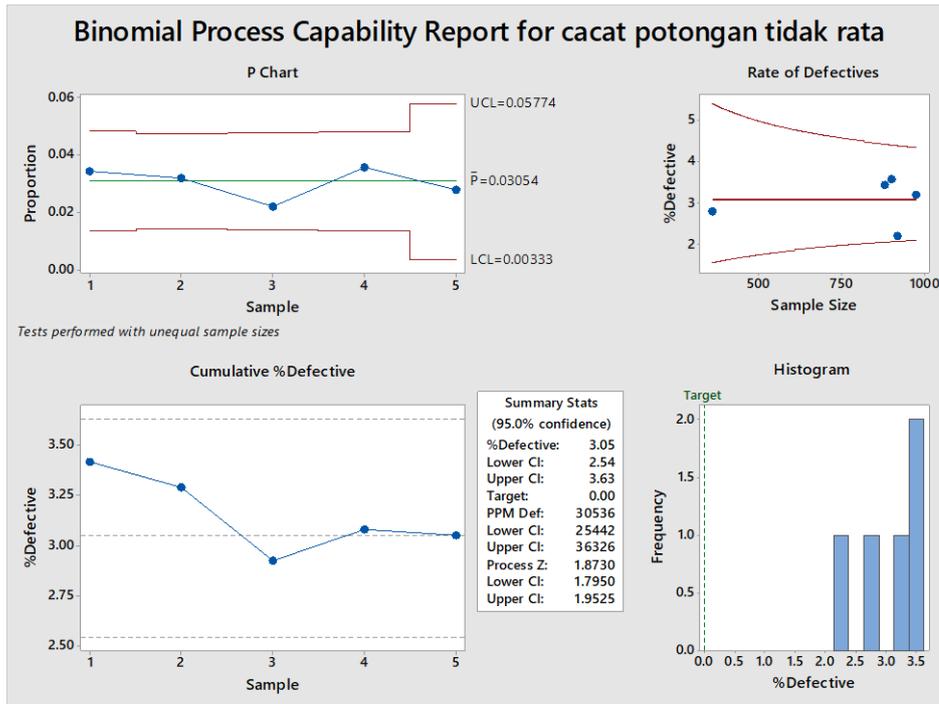
Ha : Data tidak berdistribusi normal

Dimana dalam pengujian ini daerah kritis untuk menolak Ho yaitu dengan pendekatan $p < \alpha$, dengan nilai α sebesar 0,05. Hasil uji normalitas dengan *kolmogorov-smirnov* ditunjukkan pada gambar 5.9. Pada hasil pengujian tersebut ditunjukkan bahwa nilai P-Value $> 0,150$ yang berarti nilai tersebut lebih besar dari *confidence level* 0,05. Dari hasil pengujian tersebut dapat disimpulkan bahwa data yang diambil berdistribusi normal.



Gambar 5.9 Normality test cacat potongan tidak rata/*Dusting*

Hasil pengukuran *future process capability* untuk cacat potongan tidak rata/*dusting* ditunjukkan pada gambar 5.10. Dari hasil pengukuran *future process capability* tersebut didapat *process z* sebesar 1,8730 dengan persen *defective* sebesar 3,05.



Gambar 5.10 Future Process Capability Potongan tidak rata/Dusting

Perbandingan antara *current* dan *future process capability* potongan tidak rata/dusting ditunjukkan pada tabel 5.20

Tabel 5.20 Perbandingan antara *current* dan *future process capability*

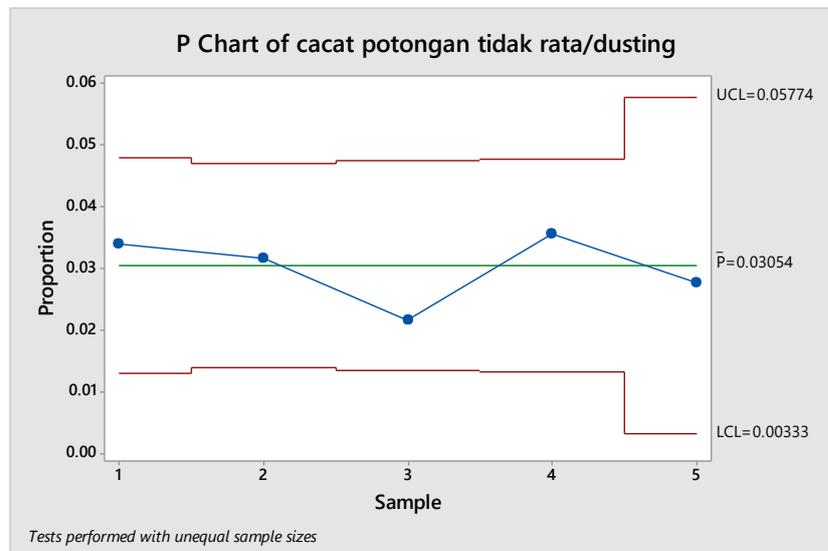
Process Capability	Process Z	% Defective
Current	1,4266	7,68 %
Future	1,8730	3,05 %

Dari tabel 5.20 ditunjukkan terjadi peningkatan *process z* yang awalnya 1,4266 menjadi 1,8730 dan penurunan persen *defective* dari 7,68% menjadi 3,05%. Peningkatan *process z* tersebut mengindikasikan adanya peningkatan performa pada proses. Sedangkan penurunan persen *defective* yang dihasilkan setelah perbaikan mengindikasikan bahwa kualitas yang dihasilkan semakin baik.

ii. Peta Kendali

Dalam rangka memonitoring proses pada PM 1 agar tetap stabil, tahap *improve* berikutnya yang dilakukan adalah membuat peta kendali. Pembuatan peta kendali dilakukan dengan menggunakan *software* minitab 17. Data yang digunakan

dalam pembuatan peta kendali yaitu data setelah dilakukan perbaikan (minggu 1 sampai dengan minggu ke 5 bulan januari 2018). Hasil pembuatan peta kendali baru ditunjukkan pada gambar 5.11.



Gambar 5.11 Peta Kendali

Dari hasil pembuatan peta kendali baru (*p chart*) diatas ditunjukkan nilai *central line* sebesar 0,03054 atau 3,054%, *UCL (Uper Control Limit)* sebesar 0,05774 atau 5,774%, dan *LCL (Lower Control Limit)* sebesar 0,0033 atau 0,333%.

iii. *Future State Value Stream Mapping*

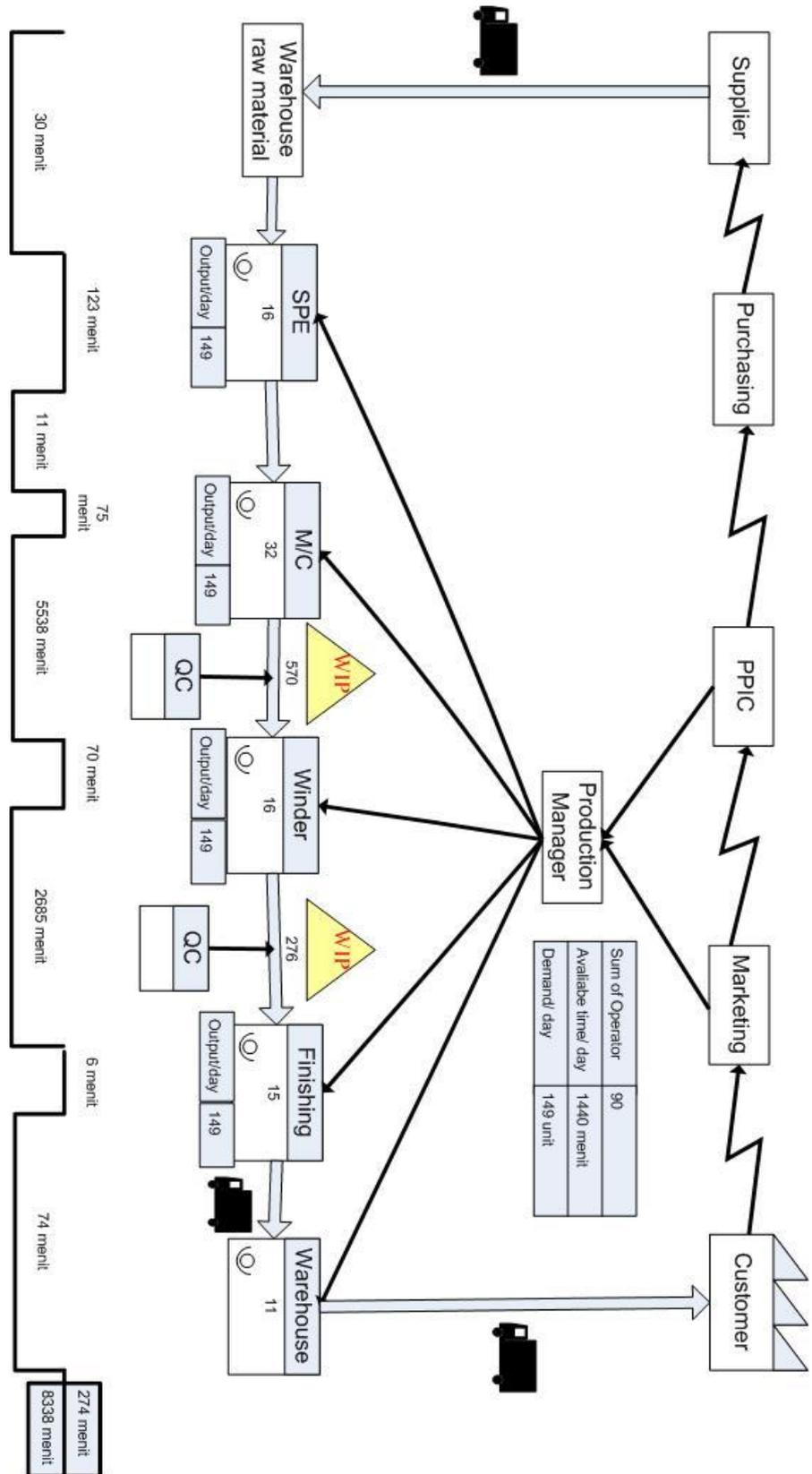
Data yang diambil dalam pembuatan *future state value stream mapping* adalah data setelah dilakukan perbaikan. Sebelum membuat *future state value stream mapping* dilakukan pembuatan *future process activity mapping* yang tujuannya untuk mempermudah dalam proses pembuatannya.

Future process activity mapping ditunjukkan pada lampiran 6. Data perbandingan antara *current* dan *future process activity mapping* ditunjukkan pada tabel 5.21.

Tabel 5.21 Perbandingan *Current* dan *Future Process Activity Mapping*

Aktivitas	Jumlah Aktivitas		Waktu (menit)		VA		NVA		NNVA	
	Current	Future	Current	Future	Current	Future	Current	Future	Current	Future
Operation	18	18	301	301	229	229	-	-	72	72
Transport	7	5	67	60	-	-	7	-	60	60
Delay	5	5	50	50	45	45	-	-	5	5
Inventory	2	2	9693	8176	-	-	9693	8176	-	-
Inspection	2	2	25	25	-	-	-	-	25	25
Total	34	32	10136	8612	274	274	9700	8176	162	162

Pada tabel 5.21 ditunjukkan adanya penurunan jumlah aktivitas transport yang awalnya ada 7 jenis aktivitas (*current*) menjadi 5 aktivitas (*future*). Kemudian untuk jumlah waktu yang dipakai dalam aktivitas *inventory* juga mengalami penurunan yang awalnya 9693 menit menjadi 8176 menit. Penurunan kedua jenis aktivitas tersebut disebabkan karena telah diterapkannya *pull system* pada proses PM1. Hasil *future state value stream mapping* yang telah dibuat ditunjukkan pada gambar 5.12.



Gambar 5.12 Future state value stream mapping PM1

5.2 Control

Tahap *control* merupakan tahap terakhir dalam metode *lean six sigma*. Dimana pada tahap ini bertujuan untuk mengevaluasi hasil perbaikan yang sudah dilakukan. Evaluasi perbaikan dilakukan dengan menghitung *value added ratio* untuk parameter efisiensi dan *level sigma* untuk parameter kualitas setelah perbaikan. Kemudian membandingkan nilai *value added ratio* dan *level sigma* sebelum dan setelah perbaikan.

5.2.1 Future Level Sigma dan VAR

Sama seperti bab sebelumnya, dalam perhitungan *future level sigma* tahap pertama yang dilakukan adalah menentukan probabilitas distribusi *broke rate* yang ada di PM 1 setelah perbaikan. Data cacat yang dihasilkan dari minggu 1 sampai minggu 5 bulan januari 2018 (tabel 5.19) sebesar 518 unit dari 4028 unit produk yang di hasilkan. Perhitungan probabilitas distribusi produk cacat dilakukan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P(X = x) = \frac{e^{-\lambda} \cdot \lambda^x}{X!}$$

$$\lambda = \text{DPU} = \frac{518}{4028} = 0,1286$$

$$P(X = 0) = \frac{e^{-0.1286} \cdot 0.1286^0}{0!} = 0,879325$$

$$P(X > 0) = 1 - 0,879325 \\ = 0,120675$$

Hasil dari perhitungan probabilitas disyibusi cacat produk kemudian diubah dalam DPMO dan didapat nilai sebesar 120.675. Nilai DPMO tersesebut dapat diartikan bahwa pada proses produksi PM1 mempunyai peluang menghasilkan produk cacat sebesar 120.675 unit dari 1.000.000 unit produk yang dihasilkan. Selanjutnya nilai DPMO tersebut di konversikan dalam satuan *sigma* (lampiran 3) dan didapat nilai sigma sebesar 2,67.

Future value added ratio (VAR) dihitung dengan membagi nilai *value added* dan *non-value added* setelah perbaikan. Nilai *value added* setelah perbaikan tetap yaitu sebesar 274, sedangkan nilai *non-value added* menurun menjadi 8.338.

Sehingga nilai *future value added ratio* yang di dapat setelah perbaikan sebesar 3,29%.

Perbandingan sebelum dan sesudah perbaikan untuk parameter VAR dan level sigma ditunjukkan pada tabel 5.22.

Tabel 5.22 Perbandingan *Current* dan *Future* untuk *Level Sigma* dan VAR

Parameter	<i>Current</i>	<i>Future</i>
<i>Level Sigma</i>	2,55	2,67
VAR	2,78%	3,29 %

Dari tabel tersebut ditunjukkan adanya peningkatan *level sigma* dan VAR yang awalnya 2,55 menjadi 2,67 dan 2,78% menjadi 3,29%. Dari hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa kualitas dan efisiensi yang dihasilkan pada PM1 setelah dilakukan perbaikan semakin meningkat.

5.2.2 Perhitungan Cost Saving

Perhitungan *cost saving* atau biaya penghematan dilakukan berdasarkan hasil dari indentifikasi permasalahan kualitas dan efisiensi yang ada dilantai produksi PM1. Untuk parameter kualitas perhitungan *cost saving* atau biaya penghematan dilakukan berdasarkan jumlah cacat yang dihasilkan sebelum dan sesudah perbaikan. Produk cacat yang dihasilkan nantinya akan di *rework* sehingga membutuhkan biaya lagi untuk menghasilkan produk jadi. Perhitungan *cost* untuk *rework* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Gaji/Operator/Bulan} &= \text{Rp } 4.000.000 \\
 \text{Jumlah perator} &= 90 \text{ orang} \\
 \text{Jumlah Gaji/bulan} &= \text{Rp } 360.000.000 \\
 \text{Waktu tersedia dalam 1 bulan} &= 30 \text{ hari} \times 24 \text{ jam} \times 60 \text{ menit} \\
 &= 43.200 \text{ menit} \\
 \text{Gaji / menit} &= \text{Rp } 360.000.000 / 43.200 \\
 &= \text{Rp } 8.333,33
 \end{aligned}$$

Waktu untuk rework = 60 menit/139 unit
= 0,4316 menit/unit
Energy cost/unit = Rp 504.898,5
Steam cost/unit = Rp 555.271,3

Perhitungan total *rework cost*/unit adalah
= (Rp 8.333,33 x Rp 0,4316) + Rp 504.898,5 + Rp 555.271,3
= Rp 1.063.766,5

Hasil perhitungan *cost saving* untuk parameter kualitas ditunjukkan pada tabel 5.23.

Tabel 5.23. *Cost saving* untuk parameter kualitas

Before			After		
Total Defect/week (unit)	Rework Cost/unit (IDR)	Total Cost (IDR)	Total Defect/week (unit)	Rework Cost/unit (IDR)	Total Cost (IDR)
152	1.063.766,5	161.692.508	126	1.063.766,5	134.034.579
Cost Saving			27.657.929		

Dari tabel diatas ditunjukkan nilai *cost saving* yang didapat pada parameter kualitas setelah dilakukan perbaikan sebesar Rp 27.657.929 per minggu atau Rp.1.438.212.308 per tahun.

Untuk parameter efisiensi, perhitungan *cost saving* didasarkan pada banyaknya WIP dikali dengan biaya simpan (*holding cost*). Biaya simpan yang ditetapkan oleh perusahaan sebesar 35% dari harga barang per unit per tahun. Perhitungan *cost saving* untuk WIP sebagai berikut:

Nilai barang/unit = Rp. 16.000.000
Biaya simpan/unit = Rp. 5.600.000/tahun = Rp. 13.333,33/hari

Hasil perhitungan *cost saving* untuk parameter efisiensi ditunjukkan pada tabel 5.24.

Tabel 5.24. *Cost Saving* untuk parameter efisiensi

Before			After		
Average WIP per day	Holding cost/day	Total Cost/day	Average WIP per day	Holding cost/day	Total Cost/day
995,3	13.333	13.270.663	885,7	13.333	11.809.330
Saving Cost/day				1.461.333	

Dari tabel diatas ditunjukkan nilai *cost saving* yang didapat pada parameter efisiensi setelah dilakukan perbaikan sebesar Rp 1.461.333 per hari atau Rp.533.386.545 per tahun.

Dari hasil perbaikan yang telah dilakukan didapat total *cost saving* pada PM1 sebesar Rp. 1.971.598.853 per tahun.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 KESIMPULAN

Berdasar dari hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan bahwa:

1. Hasil identifikasi permasalahan kualitas dan efisiensi pada PM 1 menunjukkan bahwa jenis cacat yang berpengaruh signifikan terhadap munculnya masalah kualitas adalah potongan tidak rata/*dusting*. Sedangkan jenis *waste* yang paling sering terjadi di PM 1 adalah *defect*, dan *inventory*.
2. Hasil pengujian *chi-square* menunjukkan faktor penyebab cacat yang berpengaruh signifikan terhadap munculnya cacat potongan tidak rata/*dusting* yaitu setting formasi kertas, penggantian pisau *slitter*, dan perbedaan *shift*
3. Dari hasil analisis pada faktor penyebab cacat dan *waste* (*lead time*) perbaikan yang dilakukan antara lain
 - a) *Upgrade auto slice* pada *headbox*
 - b) Membuat jadwal penggantian pisau *slitter*
 - c) Menambahkan *flexible house* pada setiap pisau *slitter*
 - d) Memberikan *training* kepada semua staff operasional
 - e) *Pull system* antara *finishing* dengan *winder*
 - f) *Pull system* antara *winder* dengan *paper machine*
4. Hasil dari perbaikan yang sudah dilakukan didapat peningkatan *level sigma* yang semula 2,55 menjadi 2,67 dan *value added ratio* yang awalnya 2,78% menjadi 3,29%. Dari hasil peningkatan *level sigma* dan *value added ratio* tersebut, jumlah *cost saving* yang di dapatkan sebesar Rp. 1.971.598.853 per tahun.

6.2 SARAN

Setelah dilakukan penelitian di PM 1, penulis memberikan saran kepada perusahaan sebagai usaha dalam mengurangi permasalahan kualitas dan efisiensi dengan cara melakukan *continuous improvement* dan membentuk team khusus *lean* di setiap *production plant*.

Sedangkan saran untuk penelitian selanjutnya yang diberikan oleh peneliti adalah :

1. Melakukan penelitian lebih lanjut mengenai peningkatan *level sigma* dari beberapa jenis cacat yang belum terselesaikan.
2. Melakukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan *value added ratio* dari segi *value added activity*-nya bukan hanya mereduksi *waste*.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1. KUISONER IDENTIFIKASI WASTE

Dengan Hormat,

Kepada Bapak/Ibu seluruh karyawan di PT. Pabrik Kertas Tjiwi Kimia khususnya departemen paper machine 1 (PM1), dalam rangka mengidentifikasi pemborosan pada departemen PM1 diharapkan kepada Bapak/Ibu untuk menyalurkan informasi mengenai pemborosan-pemborosan yang ada dengan sebenar-benarnya. Kuisoner ini di tujukan untuk data dalam penyusunan thesis dalam rangka mendapatkan gelar magister di fakultas Magister Manajemen Teknologi jurusan Manajemen Industri Institutu Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Petunjuk Pengisian:

1. Mengerti dan memahami segala jenis pemborosan berdasarkan konsep *lean* pada departemen PM1
2. Mengisi skor dari berbagai jenis pemborosan (actual sesuai yang ada dilapangan saat ini)
3. Kriteria skor
 - a. 0 = tidak pernah terjadi sama sekali
 - b. 1 = Jarang terjadi, (setiap 6 bulan sekali)
 - c. 2 = Kadang-kadang terjadi, (setiap 1 minggu sekali)
 - d. 3 = Sering terjadi (setiap 1 hari sekali)
 - e. 4 = Lebih sering terjadi (setiap 8 jam sekali)
 - f. 5 = Sangat sering terjadi (setiap 1 jam sekali)

Jenis Pemborosan Berdasarkan Konsep Lean:

1. Waitting

Pemborosan untuk *waiting* merupakan jenis kegiatan yang *non-value adding* yang di sebabkan karena menunggu (*bottleneck*) untuk di proses selanjutnya. *Waiting* di sebabkan oleh banyak faktor diantaranya karena kerusakan pada sistem produksi, kerusakan mesin, dan lain-lain sehingga membutuhkan waktu untuk perbaikan.

LAMPIRAN 1. KUISONER IDENTIFIKASI WASTE (LANJUTAN)

2. Over production

Pemborosan ini disebabkan kerana produksi yang berlebih. Parameter dari *over production* adalah banyaknya *stock* di gudang, WIP, dan pencapaian hasil produksi yang melebihi target.

3. Defect

Defect merupakan barang yang tidak memenuhi spesifikasi atau produk cacat. Hal ini akan menyebabkan proses *rework* sehingga siklus produksi semakin panjang dan akan berdampak pada menurunnya tingkat efisiensi produksi.

4. Unnecessary Motion

Merupakan pemborosan dari kegiatan operator yang tidak memberikan nilai tambah dan menyebabkan tingginya *lead time*. Contohnya adalah pencarian *spare* karena tidak dapat dilacak tempat penyimpanannya.

5. Inappropriate Processing

Merupakan pemborosan yang terjadi karena aktivitas yang tidak efisien atau berulang-ulang.

6. Unnecessary Inventory

Merupakan jenis pemborosan berupa *inventory* yang tidak di harapkan. Misal ketidak sesuaian antara stock yang dimiliki dengan kebutuhan pada proses produksi

7. Inefficient Transportation

Merupakan pemborosan yang di sebabkan oleh kegiatan transportasi, misal pemindahan produk dari bagian produksi ke finishing. Kegiatan transportasi merupakan kegiatan yang penting, tetapi tidak memberikan nilai tambah (*non-value added*) karena dirasa kegiatan ini merupakan kegiatan pemborosan waktu, tenaga, dan biaya.

LAMPIRAN 1. KUISONER IDENTIFIKASI WASTE (LANJUTAN)

Nama :

Posisi :

Petunjuk Pengisian Kuisoner :

1. Pada tabel dibawah ditunjukkan 8 jenis pemborosan dalam konsep lean. Anda diminta untuk mengisi kolom sesuai dengan kondisi actual yang terjadi dilapangan
2. Pilihan alternatif yang sesuai dengan memberikan tanda (√) dari skala 0 sampai dengan 5 yang sesuai dengan pilihan anda.
3. Untuk memperlancar penelitian ini diharapkan anda mengisi pernyataan secara keseluruhan tanpa terlewatkan.

	Pemborosan	Skor					
		0	1	2	3	4	5
1	Waiting (Menunggu)						
2	Over production (Produksi berlebih)						
3	Defect (Product cacat)						
4	Unnecessary Motion (Pergerakan yang berlebihan)						
5	Inappropriate Processing (proses yang tidak perlu)						
6	Unnecessary Inventory (Persediaan yang tidak perlu)						
7	Inefficiency Transportation (Transportasi yang tidak efisien)						

LAMPIRAN 2. DATA CACAT

Week	Output	Jenis Cacat						Total Cacat
		Hole	Lipat Mati	Gramature Variasi	Tonase Kurang	Piping / Mlintir	Potongan tidak rata/dusting	
1	878	21	16	4	10	23	80	154
2	975	24	15	0	6	21	95	161
3	1128	31	20	45	1	11	85	193
4	1196	19	22	17	29	28	90	205
5	966	23	10	14	24	33	58	162
6	1220	29	12	21	7	39	85	193
7	1126	26	11	13	12	14	97	173
8	1143	27	11	15	10	16	104	183
9	1055	11	11	17	7	12	83	141
10	872	5	9	9	12	26	79	140
11	992	6	10	15	10	26	78	145
12	1072	6	11	34	5	22	71	149
13	1050	8	9	45	4	37	63	166
14	960	10	6	7	33	32	81	169
15	756	7	5	7	16	27	60	122
16	1055	11	7	10	12	34	81	155
17	1313	13	8	30	6	57	99	213
18	1305	20	43	44	5	21	90	223
19	997	19	21	18	4	15	88	165
20	1185	40	34	16	5	19	80	194
21	1251	23	29	39	6	19	88	204
22	1205	2	37	54	16	29	73	211
23	1072	11	11	26	16	27	63	154
24	1021	7	8	40	10	13	85	163
25	1158	5	5	33	10	43	95	191
26	1099	9	9	4	28	41	72	163
27	994	18	13	24	6	14	81	156
28	1058	15	24	18	8	21	83	169
29	1033	10	19	1	16	39	69	154
30	986	9	18	1	15	38	68	149
31	964	9	18	1	15	38	67	148
32	875	8	17	1	14	35	61	136
33	731	8	15	1	12	32	56	124
34	1040	25	18	11	4	2	99	159
35	1024	8	12	14	18	19	81	152
36	919	12	7	12	9	24	78	142
37	993	7	10	26	38	7	68	156
38	1040	25	17	29	7	7	87	172
39	1090	7	15	0	24	13	88	147
40	925	10	9	3	14	18	91	145
41	1044	16	10	0	21	12	95	154
42	934	14	19	16	5	8	85	147
43	1064	11	10	50	6	12	60	149

LAMPIRAN 3. Konversi DPMO kedalam nilai Sigma

Nilai Sigma	DPMO						
0,00	933.193	0,51	838.913	1,02	684.386	1,53	488.033
0,01	931.888	0,52	836.457	1,03	680.822	1,54	484.047
0,02	930.563	0,53	833.977	1,04	677.242	1,55	480.061
0,03	929.219	0,54	831.472	1,05	673.645	1,56	476.078
0,04	927.855	0,55	828.944	1,06	670.031	1,57	472.097
0,05	926.471	0,56	826.391	1,07	666.402	1,58	468.119
0,06	925.066	0,57	823.814	1,08	662.757	1,59	464.144
0,07	923.641	0,58	821.214	1,09	659.097	1,60	460.172
0,08	922.196	0,59	818.589	1,10	655.422	1,61	456.205
0,09	920.730	0,60	815.940	1,11	651.732	1,62	452.242
0,10	919.243	0,61	813.267	1,12	648.027	1,63	448.283
0,11	917.736	0,62	810.570	1,13	644.309	1,64	444.330
0,12	916.207	0,63	807.850	1,14	640.576	1,65	440.382
0,13	914.656	0,64	805.106	1,15	636.831	1,66	436.441
0,14	913.085	0,65	802.338	1,16	633.072	1,67	432.505
0,15	911.492	0,66	799.546	1,17	629.300	1,68	428.576
0,16	909.877	0,67	796.731	1,18	625.516	1,69	424.655
0,17	908.241	0,68	793.892	1,19	621.719	1,70	420.740
0,18	906.582	0,69	791.030	1,20	617.911	1,71	416.834
0,19	904.902	0,70	788.145	1,21	614.092	1,72	412.936
0,20	903.199	0,71	785.236	1,22	610.261	1,73	409.046
0,21	901.475	0,72	782.305	1,23	606.420	1,74	405.165
0,22	899.727	0,73	779.350	1,24	602.568	1,75	401.294
0,23	897.958	0,74	776.373	1,25	598.706	1,76	397.432
0,24	896.165	0,75	773.373	1,26	594.835	1,77	393.580
0,25	894.350	0,76	770.350	1,27	590.954	1,78	389.739
0,26	892.512	0,77	767.305	1,28	587.064	1,79	385.908
0,27	890.651	0,78	764.238	1,29	583.166	1,80	382.089
0,28	888.767	0,79	761.148	1,30	579.260	1,81	378.281
0,29	886.860	0,80	758.036	1,31	575.345	1,82	374.484
0,30	884.930	0,81	754.903	1,32	571.424	1,83	370.700
0,31	882.977	0,82	751.748	1,33	567.495	1,84	366.928
0,32	881.000	0,83	748.571	1,34	563.559	1,85	363.169
0,33	878.999	0,84	745.373	1,35	559.618	1,86	359.424
0,34	876.976	0,85	742.154	1,36	555.670	1,87	355.691
0,35	874.928	0,86	738.914	1,37	551.717	1,88	351.973
0,36	872.857	0,87	735.653	1,38	547.758	1,89	348.268
0,37	870.762	0,88	732.371	1,39	543.795	1,90	344.578
0,38	868.643	0,89	729.069	1,40	539.828	1,91	340.903
0,39	866.500	0,90	725.747	1,41	535.856	1,92	337.243
0,40	864.334	0,91	722.405	1,42	531.881	1,93	333.598
0,41	862.143	0,92	719.043	1,43	527.903	1,94	329.969
0,42	859.929	0,93	715.661	1,44	523.922	1,95	326.355
0,43	857.690	0,94	712.260	1,45	519.939	1,96	322.758
0,44	855.428	0,95	708.840	1,46	515.953	1,97	319.178
0,45	853.141	0,96	705.402	1,47	511.967	1,98	315.614
0,46	850.830	0,97	701.944	1,48	507.978	1,99	312.067
0,47	848.495	0,98	698.468	1,49	503.989	2,00	308.538
0,48	846.136	0,99	694.974	1,50	500.000	2,01	305.026
0,49	843.752	1,00	691.462	1,51	496.011	2,02	301.532
0,50	841.345	1,01	687.933	1,52	492.022	2,03	298.056

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (20

LAMPIRAN 3. Konversi DPMO kedalam nilai Sigma (LANJUTAN)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
2,04	294.598	2,55	146.859	3,06	59.380	3,57	19.226
2,05	291.160	2,56	144.572	3,07	58.208	3,58	18.763
2,06	287.740	2,57	142.310	3,08	57.053	3,59	18.309
2,07	284.339	2,58	140.071	3,09	55.917	3,60	17.864
2,08	280.957	2,59	137.857	3,10	54.799	3,61	17.429
2,09	277.595	2,60	135.666	3,11	53.699	3,62	17.003
2,10	274.253	2,61	133.500	3,12	52.616	3,63	16.586
2,11	270.931	2,62	131.357	3,13	51.551	3,64	16.177
2,12	267.629	2,63	129.238	3,14	50.503	3,65	15.778
2,13	264.347	2,64	127.143	3,15	49.471	3,66	15.386
2,14	261.086	2,65	125.072	3,16	48.457	3,67	15.003
2,15	257.846	2,66	123.024	3,17	47.460	3,68	14.629
2,16	254.627	2,67	121.001	3,18	46.479	3,69	14.262
2,17	251.429	2,68	119.000	3,19	45.514	3,70	13.903
2,18	248.252	2,69	117.023	3,20	44.565	3,71	13.553
2,19	245.097	2,70	115.070	3,21	43.633	3,72	13.209
2,20	241.964	2,71	113.140	3,22	42.716	3,73	12.874
2,21	238.852	2,72	111.233	3,23	41.815	3,74	12.545
2,22	235.762	2,73	109.349	3,24	40.929	3,75	12.224
2,23	232.695	2,74	107.488	3,25	40.059	3,76	11.911
2,24	229.650	2,75	105.650	3,26	39.204	3,77	11.604
2,25	226.627	2,76	103.835	3,27	38.364	3,78	11.304
2,26	223.627	2,77	102.042	3,28	37.538	3,79	11.011
2,27	220.650	2,78	100.273	3,29	36.727	3,80	10.724
2,28	217.695	2,79	98.525	3,30	35.930	3,81	10.444
2,29	214.764	2,80	96.801	3,31	35.148	3,82	10.170
2,30	211.855	2,81	95.098	3,32	34.379	3,83	9.903
2,31	208.970	2,82	93.418	3,33	33.625	3,84	9.642
2,32	206.108	2,83	91.759	3,34	32.884	3,85	9.387
2,33	203.269	2,84	90.123	3,35	32.157	3,86	9.137
2,34	200.454	2,85	88.508	3,36	31.443	3,87	8.894
2,35	197.662	2,86	86.915	3,37	30.742	3,88	8.656
2,36	194.894	2,87	85.344	3,38	30.054	3,89	8.424
2,37	192.150	2,88	83.793	3,39	29.379	3,90	8.198
2,38	189.430	2,89	82.264	3,40	28.716	3,91	7.976
2,39	186.733	2,90	80.757	3,41	28.067	3,92	7.760
2,40	184.060	2,91	79.270	3,42	27.429	3,93	7.549
2,41	181.411	2,92	77.804	3,43	26.803	3,94	7.344

2,42	178.786	2,93	76.359	3,44	26.190	3,95	7.143
2,43	176.186	2,94	74.934	3,45	25.588	3,96	6.947
2,44	173.609	2,95	73.529	3,46	24.998	3,97	6.756
2,45	171.056	2,96	72.145	3,47	24.419	3,98	6.569
2,46	168.528	2,97	70.781	3,48	23.852	3,99	6.387
2,47	166.023	2,98	69.437	3,49	23.295	4,00	6.210
2,48	163.543	2,99	68.112	3,50	22.750	4,01	6.037
2,49	161.087	3,00	66.807	3,51	22.216	4,02	5.868
2,50	158.655	3,01	65.522	3,52	21.692	4,03	5.703
2,51	156.248	3,02	64.256	3,53	21.178	4,04	5.543
2,52	153.864	3,03	63.008	3,54	20.675	4,05	5.386
2,53	151.505	3,04	61.780	3,55	20.182	4,06	5.234
2,54	149.170	3,05	60.571	3,56	19.699	4,07	5.085

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2006)

LAMPIRAN 3. Konversi DPMO kedalam nilai Sigma (LANJUTAN)

Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO	Nilai Sigma	DPMO
4,08	4.940	4,59	1.001	5,10	159	5,61	20
4,09	4.799	4,60	968	5,11	153	5,62	19
4,10	4.661	4,61	936	5,12	147	5,63	18
4,11	4.527	4,62	904	5,13	142	5,64	17
4,12	4.397	4,63	874	5,14	136	5,65	17
4,13	4.269	4,64	845	5,15	131	5,66	16
4,14	4.145	4,65	816	5,16	126	5,67	15
4,15	4.025	4,66	789	5,17	121	5,68	15
4,16	3.907	4,67	762	5,18	117	5,69	14
4,17	3.793	4,68	736	5,19	112	5,70	13
4,18	3.681	4,69	711	5,20	108	5,71	13
4,19	3.573	4,70	687	5,21	104	5,72	12
4,20	3.467	4,71	664	5,22	100	5,73	12
4,21	3.364	4,72	641	5,23	96	5,74	11
4,22	3.264	4,73	619	5,24	92	5,75	11
4,23	3.167	4,74	598	5,25	88	5,76	10
4,24	3.072	4,75	577	5,26	85	5,77	10
4,25	2.980	4,76	557	5,27	82	5,78	9
4,26	2.890	4,77	538	5,28	78	5,79	9
4,27	2.803	4,78	519	5,29	75	5,80	9
4,28	2.718	4,79	501	5,30	72	5,81	8

4,29	2.635	4,80	483	5,31	70	5,82	8
4,30	2.555	4,81	467	5,32	67	5,83	7
4,31	2.477	4,82	450	5,33	64	5,84	7
4,32	2.401	4,83	434	5,34	62	5,85	7
4,33	2.327	4,84	419	5,35	59	5,86	7
4,34	2.256	4,85	404	5,36	57	5,87	6
4,35	2.186	4,86	390	5,37	54	5,88	6
4,36	2.118	4,87	376	5,38	52	5,89	6
4,37	2.052	4,88	362	5,39	50	5,90	5
4,38	1.988	4,89	350	5,40	48	5,91	5
4,39	1.926	4,90	337	5,41	46	5,92	5
4,40	1.866	4,91	325	5,42	44	5,93	5
4,41	1.807	4,92	313	5,43	42	5,94	5
4,42	1.750	4,93	302	5,44	41	5,95	4
4,43	1.695	4,94	291	5,45	39	5,96	4
4,44	1.641	4,95	280	5,46	37	5,97	4
4,45	1.589	4,96	270	5,47	36	5,98	4
4,46	1.538	4,97	260	5,48	34	5,99	4
4,47	1.489	4,98	251	5,49	33	6,00	3
4,48	1.441	4,99	242	5,50	32	Catatan: Tabel konversi ini Mencakup pergeseran 1,5- sigma untuk semua nilai Z	
4,49	1.395	5,00	233	5,51	30		
4,50	1.350	5,01	224	5,52	29		
4,51	1.306	5,02	216	5,53	28		
4,52	1.264	5,03	208	5,54	27		
4,53	1.223	5,04	200	5,55	26		
4,54	1.183	5,05	193	5,56	25		
4,55	1.144	5,06	185	5,57	24		
4,56	1.107	5,07	179	5,58	23		
4,57	1.070	5,08	172	5,59	22		
4,58	1.035	5,09	165	5,60	21		

Sumber: nilai-nilai dibangkitkan menggunakan program oleh: Vincent Gaspersz (2006)

LAMPIRAN 4. TABEL CHI-SQUARE

Chi-square Distribution Table

d.f.	.995	.99	.975	.95	.9	.1	.05	.025	.01
1	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	2.71	3.84	5.02	6.63
2	0.01	0.02	0.05	0.10	0.21	4.61	5.99	7.38	9.21
3	0.07	0.11	0.22	0.35	0.58	6.25	7.81	9.35	11.34
4	0.21	0.30	0.48	0.71	1.06	7.78	9.49	11.14	13.28
5	0.41	0.55	0.83	1.15	1.61	9.24	11.07	12.83	15.09
6	0.68	0.87	1.24	1.64	2.20	10.64	12.59	14.45	16.81
7	0.99	1.24	1.69	2.17	2.83	12.02	14.07	16.01	18.48
8	1.34	1.65	2.18	2.73	3.49	13.36	15.51	17.53	20.09
9	1.73	2.09	2.70	3.33	4.17	14.68	16.92	19.02	21.67
10	2.16	2.56	3.25	3.94	4.87	15.99	18.31	20.48	23.21
11	2.60	3.05	3.82	4.57	5.58	17.28	19.68	21.92	24.72
12	3.07	3.57	4.40	5.23	6.30	18.55	21.03	23.34	26.22
13	3.57	4.11	5.01	5.89	7.04	19.81	22.36	24.74	27.69
14	4.07	4.66	5.63	6.57	7.79	21.06	23.68	26.12	29.14
15	4.60	5.23	6.26	7.26	8.55	22.31	25.00	27.49	30.58
16	5.14	5.81	6.91	7.96	9.31	23.54	26.30	28.85	32.00
17	5.70	6.41	7.56	8.67	10.09	24.77	27.59	30.19	33.41
18	6.26	7.01	8.23	9.39	10.86	25.99	28.87	31.53	34.81
19	6.84	7.63	8.91	10.12	11.65	27.20	30.14	32.85	36.19
20	7.43	8.26	9.59	10.85	12.44	28.41	31.41	34.17	37.57
22	8.64	9.54	10.98	12.34	14.04	30.81	33.92	36.78	40.29
24	9.89	10.86	12.40	13.85	15.66	33.20	36.42	39.36	42.98
26	11.16	12.20	13.84	15.38	17.29	35.56	38.89	41.92	45.64
28	12.46	13.56	15.31	16.93	18.94	37.92	41.34	44.46	48.28
30	13.79	14.95	16.79	18.49	20.60	40.26	43.77	46.98	50.89
32	15.13	16.36	18.29	20.07	22.27	42.58	46.19	49.48	53.49
34	16.50	17.79	19.81	21.66	23.95	44.90	48.60	51.97	56.06
38	19.29	20.69	22.88	24.88	27.34	49.51	53.38	56.90	61.16
42	22.14	23.65	26.00	28.14	30.77	54.09	58.12	61.78	66.21
46	25.04	26.66	29.16	31.44	34.22	58.64	62.83	66.62	71.20
50	27.99	29.71	32.36	34.76	37.69	63.17	67.50	71.42	76.15
55	31.73	33.57	36.40	38.96	42.06	68.80	73.31	77.38	82.29
60	35.53	37.48	40.48	43.19	46.46	74.40	79.08	83.30	88.38
65	39.38	41.44	44.60	47.45	50.88	79.97	84.82	89.18	94.42
70	43.28	45.44	48.76	51.74	55.33	85.53	90.53	95.02	100.43
75	47.21	49.48	52.94	56.05	59.79	91.06	96.22	100.84	106.39
80	51.17	53.54	57.15	60.39	64.28	96.58	101.88	106.63	112.33
85	55.17	57.63	61.39	64.75	68.78	102.08	107.52	112.39	118.24
90	59.20	61.75	65.65	69.13	73.29	107.57	113.15	118.14	124.12
95	63.25	65.90	69.92	73.52	77.82	113.04	118.75	123.86	129.97
100	67.33	70.06	74.22	77.93	82.36	118.50	124.34	129.56	135.81

LAMPIRAN 5. CURRENT PROCESS ACTIVITY MAPPING

Bagian	No	Aktivitas	Jumlah Operator	peralatan	Jarak (m)	Waktu (menit)	Aktivitas					VA	NVA	NNVA
							O	T	I	S	D			
Gudang raw material	1	Pengiriman raw material ke Stock preparation	-		2000	30	√							√
Stock Preparation	1	Memasukan pulp ke pulper	1		5	5	√							√
	2	Pemotongan kawat pada pulp	1		-	1	√							√
	3	Penggilingan pulp	1		-	45					√	√		
	4	Transfer buburan pulp ke centry cleaner (CC)	-		-	1					√			√
	5	Proses cleaner	1	Centry Cleaner	-	20	√					√		
	6	Transfer hasil CC ke refiner	-		-	1					√			√
	7	Refining	1	Refiner	-	30	√					√		
	8	Transfer hasil refining ke mixing chest	-		-	1					√			√
	9	Pencampuran buburan pulp dengan bahan pengisi	1		-	28	√					√		
	10	Transfer campuran material ke paper machine	-		-	2					√			√
Paper Machine	1	Setting formasi kertas	1	Headbox	-	45	√					√		
	2	Setting speed	1	DCS	-	15	√					√		
	3	Setting Dryer	1	DCS	-	15	√					√		
	4	Sambung kertas	1		-	12	√							√
	5	QC	1		-	15			√					√
	6	transfer Jumbo roll ke WIP	1	Crane	10	2	√						√	
	7	Penyimpanan WIP Paper Machine	-		-	6678				√			√	
	8	Transfer WIP ke Winder	1	Crane	15	2	√							√
Winder	1	Penataan jumbo roll di winder	2	Crane	-	5	√							√
	2	penempelan lembaran kertas yang akan di gulung pada core	1		-	5	√					√		
	3	Setting pisau siliter (untuk mengatur lebar hasil potongan)	1		-	15	√					√		
	4	Proses penggulangan dan pemotongan	1		-	50	√					√		
	5	QC	1		-	10			√					√
	6	Transfer hasil winder ke WIP	1	Forklift	7	5	√						√	
	6	Penyimpanan WIP Winder	-		-	3015				√			√	
7	Transfer WIP Winder Ke Finishing	1	Forklift	20	3	√							√	
Finishing	1	Sortir	7		-	45	√							√
	2	Penimbangan hasil potongan winder	1	Timbangan	-	3	√							√
	3	Membungkus hasil winder	1		-	5	√					√		
	4	Memberikan label	2		-	1	√					√		
	5	Transfer ke gudang sementara	1		30	10	√							√
	6	Scanning	2	Scanner	-	1	√							√
	7	transfer ke gudang sentral	1		2400	15	√							√

LAMPIRAN 6. FUTURE PROCESS ACTIVITY MAPPING

Bagian	No	Aktivitas	Jumlah Operator	peralatan	Jarak (m)	Waktu (menit)	Aktivitas					VA	NVA	NNVA
							O	T	I	S	D			
Gudang raw material	1	Pengiriman raw material ke Stock preparation	-		2000	30	√							√
Stock Preparation	1	Memasukan pulp ke pulper	1		5	5	√							√
	2	Pemotongan kawat pada pulp	1		-	1	√							√
	3	Penggilingan pulp	1		-	45					√	√		
	4	Transfer buburan pulp ke centry cleaner (CC)	-		-	1					√			√
	5	Proses cleaner	1	Centry Cleaner	-	20	√					√		
	6	Transfer hasil CC ke refiner	-		-	1					√			√
	7	Refining	1	Refiner	-	30	√					√		
	8	Transfer hasil refining ke mixing chest	-		-	1					√			√
	9	Pencampuran buburan pulp dengan bahan pengisi	1		-	28	√					√		
	10	Transfer campuran material ke paper machine	-		-	2					√			√
Paper Machine	1	Setting formasi kertas	1	Headbox	-	45	√					√		
	2	Setting speed	1	DCS	-	15	√					√		
	3	Setting Dryer	1	DCS	-	15	√					√		
	4	Sambung kertas	1		-	12	√							√
	5	QC	1		-	15			√					√
	6	Penyimpanan WIP Paper Machine	-		-	5509				√			√	
	7	Transfer WIP ke Winder	1		15	2	√							√
Winder	1	Penataan jumbo roll di winder	2		-	5	√							√
	2	penempelan lembaran kertas yang akan di gulung pada core	1		-	5	√					√		
	3	Setting pisau siliter (untuk mengatur lebar hasil potongan)	1		-	15	√					√		
	4	Proses penggulungan dan pemotongan	1		-	50	√					√		
	5	QC	1		-	10			√					√
	6	Penyimpanan WIP Winder	-		-	2667				√			√	
	7	Transfer WIP Winder Ke Finishing	1	Forklift	20	3	√							√
Finishing	1	Sortir	7		-	45	√							√
	2	Penimbangan hasil potongan winder	1	Timbangan	-	3	√							√
	3	Membungkus hasil winder	1		-	5	√					√		
	4	Memberikan label	2		-	1	√					√		
	5	Transfer ke gudang sementara	1		30	10	√							√
	6	Scanning	2	Scanner	-	1	√							√
	7	transfer ke gudang sentral	1		2400	15	√							√

DAFTAR PUSTAKA

- Arnheiter, E., Maleyeff, J., (2005), "The Integration of Lean Management and Six sigma", *The TQM Magazine*, Vol 17.
- Besterfield, Dale H. (2004), "Quality Control", Pearson Prentice Hall: New Jersey, 7th Edition.
- Bisgaard, S. and Freiesleben, J. (2004), "Six sigma and the bottom line", *Quality Progress*, Vol. 3 No. 9, p. 57
- Brue, Greg dan Rod Howes (2006). "The McGraw-Hill 36-Hours Course Six Sigma". McGraw-Hill, New York.
- Byrne, G., Lubowe, D. and Blitz, A. (2007), "Using a lean Six Sigma approach to drive innovation", *Strategy & Leadership*, Vol. 35 No. 2, pp. 5-10
- Chuang, P. (2010), "Incorporating disservice analysis to enhance perceived service quality", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 110 No. 3, pp. 368-391
- Claycomb, C., Germain, R. and Droge, C. (1999), "Total systems JIT outcomes: inventory, organization and financial effects", *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, Vol. 29 No. 10, p. 612.
- Feigenbaum, A.V. (1992), "Kendali Kualitas Terpadu", PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Gaspersz, Vincent, (1998), "Statistical Process Control : Penerapan Teknik-teknik Statistika Dalam Manajemen Bisnis Total", PT. Gramedia Pustaka Edisi kesatu, Jakarta.
- Goodman, J. and Theuerkauf, J. (2005), "What's wrong with six sigma?", *Quality Progress*, Vol. 38 No. 1, pp. 37-42.

- Hines, Peter & Rich, Nick (1997). *“The seven value stream mapping tools”*. Lean Enterprises research center, Cardiff Business School, Cardiff, UK.
International Journal of Operation and Production Management, Vol. 1, No. 1, pp. 46-04.
- Hoerl, R., Snee, R., Czarniak, S. and Parr, W. (2004), *“The future of six sigma”*, *ASQ Six Sigma Forum Magazine.*, Vol. 3 No. 4, pp. 38-43.
- Inoue, H. and Yamada, S. (2010), *“Failure mode and effects analysis in pharmaceutical research”*, *International Journal of Quality and Service Sciences*, Vol. 2 No. 3, pp. 369-382.
- Intifada G.S & Witantyo (2012),” *Minimasi waste (Pemborosan) Menggunakan Value Stream Analisis tool untuk meningkatkan efisiensi waktu produksi : Studi Kasus PT. Barata Indonesia, Gresik”*, *Jurnal POMITS*, Vol. 1, No. 1, 1-6.
- Jugulum, Rajesh dan Samuel, Philip (2008). *“Design for lean six sigma”*. John Wiley & Sons, Inc, New Jersey.
- King, Jennifer S. King, Peter L. (2015),” *Value Stream Mapping for the process industries. Creating A Roadmap For Lean Transform”*, America: Taylor & Francis Group.
- Kolarik, William J., (1999),”*Creating Quality : Process Design For Results”*, McGraw-Hill, Singapore.
- Kotler, Philip; Armstrong, Garry, (2008),” *Prinsip-prinsip Pemasaran”*, Jilid 1, Erlangga, Jakarta.
- Liker, Jeffrey K, dan David Meier. (2006),” *The Toyota Way Fieldbook”*, Amerika : Mc Grawhill.
- Martin, K., & Osterling, M. (2013),” *Value stream mapping: how to visualize work and align leadership for organizational transformation”*, New York: McGraw-Hill.

- Motwani, J. (2003), "A business process change framework for examining lean manufacturing: a case study", *Industrial Management & Data Systems*, Vol. 103 Nos 5/6, pp. 339-47.
- Nave, D. (2002), "How to compare six sigma, lean and the theory of constraints", *Quality Progress*, Vol. 35 No. 3, p. 73.
- Pojasek, R. (2003), "Lean, six sigma, and the systems approach: management initiatives for process improvement", *Environmental Quality Management*, Vol. 13 No. 2, p. 85.
- Pyzdek, T. (2003), *The Six Sigma Handbook*, McGraw-Hill, New York, NY.
- Revere, L., Black, K. and Huq, A. (2004), "Integrating six sigma and CQI for improving patient care", *The TQM Magazine*, Vol. 16 No. 2, p. 105
- Ruy Victor B. de Souza Luiz Cesar R. Carpinetti, (2014), "A FMEA-based approach to prioritize waste reduction in lean implementation", *International Journal of Quality & Reliability Management*, vol. 31 Iss 4 pp. 436 – 366.
- Salah, S., Rahim, A. and Carretero, J. (2010), "The integration of Six Sigma and Lean management", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1 No. 3, pp. 249-274.
- Sheridan, J.H. (2000), "Lean sigma synergy", *Industry Week*, Vol. 249 No. 17, pp. 81-2.
- Snee, R. D. (2010), "Lean Six Sigma-getting better all the time", *International Journal of Lean Six Sigma*, Vol. 1 No. 1, pp. 9-29
- Snee, R.D. (2004), "Six-Sigma: the evolution of a 100 years of business improvement methodology", *International Journal of Six Sigma and Competitive Advantage*, Vol. 1 No. 1, pp. 4-20
- Sohal AS, Egglestone A. (1994), "Lean production: experience among Australian organizations", *International Journal of Operations & Production Management*. 14(11): 35-51

Sousa S, Rodrigues N, Nunes E (2017),” Applicarion of SPC and quality tools for process improvement”, *Procedia Manufacturing*, Vol. 11 (1215-1222).

Womack, J. and Jones, D. (1994), “From lean production to the lean enterprise”, *Harvard Business Review*, Vol. 72 No. 2, pp. 93-103

Womack, J. (2006), “Value stream mapping”, *Manufacturing Engineering*, May, pp. 145-56.