



Prosiding



Peran Sistem Inovasi Dalam Meningkatkan
Kualitas Hidup Masyarakat

Seminar Nasional Teknologi Industri 2012

Fakultas Teknologi Industri
Universitas Trisakti

Jakarta, 28 Juni 2012



SEMEN GRESIK
KOKOH TAK TERTANDING!



BukitAsam



104.2
MSTRIFA

DAFTAR ISI

I.	Halaman Judul	i
II.	Kata Pengantar	ii
III.	Daftar Isi	iii
IV.	Teknik Industri	
	Agustinus Gatot Bintoro dan Y. Sigit Purnomo WP. PENGEMBANGAN LOGISTIK BENCANA: PEMBELAJARAN DARI PENANGANAN BENCANA ERUPSI MERAPI	I001-1 s/d 11
	Amal Witonohadi , Tono Sukarnoto, Razy Rakhmadi Putra USULAN PERANCANGAN PROSES <i>STAMP NUMBER ENGINE</i> <i>TEROTOMASI DI PT. MKY</i>	I002-1 s/d 6
	Amelia Santoso, Dina Natalia Prayogo dan David Ongkowidjoyo SPLIT DELIVERY VEHICLE ROUTING PROBLEM YANG MENYEIMBANGKAN TOTAL WAKTU LAYANAN	I003-1 s/d 6
	Andre Sugijoko, Trifenaus Prabu Hidayat PENJADWALAN <i>FLOW SHOP</i> MENGGUNAKAN ALGORITMA <i>BEE COLONY</i>	I004-1 s/d 6
	Augustina Asih Rumanti, Iwan Inrawan Wiratmadja, Trifenaus Prabu Hidayat KAJIAN AWAL PENGEMBANGAN MODEL <i>TACIT</i> <i>KNOWLEDGE</i> TERHADAP INOVASI DALAM AKTIVITAS PENGAJARAN PADA PERGURUAN TINGGI	I005-1 s/d 6
	Aventi BIAYA PENGANGKUTAN KAYU GALAM SEBAGAI BAHAN BANGUNAN PEMBUATAN RUMAH	I006-1 s/d 6
	Bernadi mubarak, Nurlailah. Badariah, Rina fitriana. PERANCANGAN PENGUKURAN KINERJA DENGAN MENGGUNAKAN <i>HR SCORECARD</i> PADA HCM PT APLIKANUSA LINTASARTA	I007-1 s/d 6
	C. Nuraini, Alfia Estitika EMBER LIPAT SERBAGUNA YANG ERGONOMIS	I008-1 s/d 6
	Ch. Desi Kusmindari , Andries Anwar <i>BULLWHIP EFFECT</i> TERHADAP OPTIMALISASI BIAYA PRODUKSI DAN DISTRIBUSI DENGAN PENDEKATAN <i>SUPPLY</i> <i>CHAIN MANAGEMENT</i>	I009-1 s/ 5
	Daisy Ade Riany Diem , Triwulandari S. Dewayana, Dadan U.Daihani FORMULASI STRATEGI PENINGKATAN DAYA SAING PROGRAM STUDI STUDI KASUS : PRODI TEKNIK KIMIA UNIVERSITAS PGRI PALEMBANG	I010-1 s/d 6
	Diah Pramestari PENENTUAN PRIORITAS PENYEDIA MEDIA KOMUNIKASI MENGGUNAKAN METODE <i>TECHNIQUE FOR ORDER</i> <i>PREFERENCE BY SIMILARITY TO IDEAL SOLUTION (TOPSIS)</i>	I011-1 s/d 7

Dina Natalia Prayogo MODEL OPTIMASI MULTI OBJECTIVE UNTUK PERENCANAAN PERSEDIAAN MULTI PRODUK DARI MULTI SUPPLIER DENGAN MEMPERHATIKAN DUE DATE	I012-1 s/d 6
Docki Saraswati, Sumiharni Batubara, Tya Amelia PENENTUAN PEMASOK DAN UKURAN <i>LOT</i> PEMESANAN DENGAN <i>ANALITYC HIERARCHY PROCESS - MIXED INTEGER PROGRAMMING</i> : STUDI KASUS DI PT. TATA BROS SEJAHTERA	I013-1 s/d 7
E. Agung Prayogo Hadi Putra, Zulfa Fitri Ikatrinasari PENERAPAN <i>LEAN MANUFACTURING</i> MELALUI METODE GEMBA KAIZEN DENGAN PENDEKATAN SIKLUS PDCA UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIVITAS DI PT. XYZ, BEKASI	I014-1 s/d 6
Eric Wibisono & Lisa Mardiono KAJIAN <i>STATE-OF-THE-ART</i> PENERAPAN PENGUKURAN KINERJA PADA PERGURUAN TINGGI	I015-1 s/d 8
Fatik Rahayu, Ayu Ekasari IDENTIFIKASI INSTRUMEN : <i>PEOPLE BASED LEARNING EVALUATION MODEL</i> UNTUK MENGATASI KETIDAKPUASAN <i>STAKEHOLDERS</i>	I016-1 s/d 6
Idris Asmuni, I Nyoman Pujawan, Udisubakti Ciptomulyono PENGEMBANGAN MODEL <i>REVERSE LOGISTICS</i> DENGAN PENDEKATAN <i>GOAL PROGRAMMING</i> PADA PRODUK <i>ORIGINAL EQUIPMENT MANUFACTURERS (OEMs)</i>	I017-1 s/d 7
Ignatius P Aji W, Syamsir Abduh ANALISIS PENGARUH KEPUASAN SUPPLIER TERHADAP PENINGKATAN PRODUKTIVITAS PERUSAHAAN (STUDI KASUS PADA KOPERASI UNIT DESA MOJOSONGO KABUPATEN BOYOLALI TAHUN 2011)	I018-1 s/d 9
Iin Mu'minah, Wahyu W. Pamungkas, Wahdat Kurdi SISTEM INFORMASI PASAR DAN MONITORING HARGA BERAS DI INDONESIA	I019-1 s/d 5
Iveline Anne Marie SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN UNTUK PENINGKATAN DAYA SAING PERUSAHAAN (STUDI KASUS DI RESTAURANT X)	I020-1 s/d 6
Jerry Agus Arlianto, Amelia Santoso, Lita Meliana PERANCANGAN MODEL SISTEM DINAMIS UNTUK PERENCANAAN TANAM BUNGA KRISAN MULTI VARIETAS	I021-1 s/d 6
Johnson Saragih, Rina Fitriana, Nadira USULAN PERBAIKAN PROSES PELAPISAN <i>HOT DIP GALVANIZING</i> BERDASARKAN <i>FUZZY FAILURE MODE AND EFEECT ANALYSIS</i> DI PT CITRA GALVANIZING INDONESIA	I022-1 s/d 6

- Linda Herawati Gunawan, Budi Santoso Goutama Yunia C. Evanti
PERANCANGAN RUANG KELAS ORIENTASI DAN MOBILITAS
BAGI PENYANDANG TUNANETRA (STUDI KASUS DI YPAB
"TEGALSARI", SURABAYA) I023-1 s/d 6
- Linda Herawati Gunawan, Silky Perdanawati, Carolynn
PERANCANGAN ALAT BANTU KOMUNIKASI BAGI ANAK
PENDERITA CELEBRAL PALSY (CP) I024-1 s/d 7
- Lisa Mardiono
STUDI EKSPLORASI PENGGUNAAN MODEL *PERFORMANCE
PRISM* DALAM MENGUKUR KINERJA ORGANISASI I025-1 s/d 6
- Lobes Herdiman, Retno Wulan Damayanti dan Esha Darwinsa
PERANCANGAN HEART RATE MONITOR SECARA REAL
TIME BERTRANSMISI WIRELESS UNTUK MENGUKUR
DENYUT JANTUNG I026-1 s/d 6
- M. Arbi Hadiyat
PENERAPAN OPTIMASI MULTIRESPON MENGGUNAKAN
HYBRID PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS - TAGUCHI PADA
PROSES TURNING MATERIAL POLYACETAL I027-1 s/d 6
- Margareta Chen, Dadang Surjasa
USULAN PERANCANGAN *ELECTRONIC SUPPLY CHAIN* PADA
PT INDRALOKA BINAKARYA IKA I028-1 s/d 6
- Nurlailah Badariah
PERANCANGAN MODEL PENGUKURAN KINERJA JURUSAN
TEKNIK INDUSTRI UNIVERSITAS TRISAKTI I029-1 s/d 7
- Putri Bhuana Katili, Nurul Ummi, Ipan Maulana
ANALISIS RESIKO KERJA PADA PROSES *START UP* BOILER-
TURBIN UNIT 1 DENGAN METODE *ENTERPRISE RISK
MANAGEMENT* DI PT. X I030-1 s/d 6
- Renova, Syamsir Abduh
ANALISIS BIAYA, WAKTU DAN KUALITAS TERHADAP
PENYELESAIAN PROYEK (STUDI KASUS DI PT PERUSAHAAN
GAS NEGARA (PERSERO) TBK.) I031-1 s/d 8
- Rina Fitriana , Nurlailah Badariah , Eris Ernawati.
PERANCANGAN HR SCORECARD PADA PT.B I032-1 s/d 6
- Ronald Albert Rachmadi, Mariani Felly Logio
PENGUKURAN DAN ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS
CCNO DENGAN MENGGUNAKAN METODE SIX SIGMA I033-1 s/d 7
- Rosita Meitha, Joniarto Parung
PERANCANGAN SISTEM PENILAIAN KREDIT BANK (CREDIT
SCORING) UNTUK PEMBERIAN KREDIT MODAL KERJA
USAHA KECIL MENENGAH DENGAN MENGADOPSI METODE
PENGUKURAN KERJA KUANTITATIF DAN KUALITATIF I034-1 s/d 6

Rosnani Ginting, Susanto ANALISIS KUALITAS PELAYANAN JASA PENDIDIKAN DENGAN MENGGUNAKAN METODE FUZZY <i>SERVQUAL</i> DAN QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT DI SMA XYZ	I035-1 s/d 6
Setijadi ANALISIS PENATAAN LANJUTAN WILAYAH PENYALURAN PADA RANTAI PASOK PENDISTRIBUSIAN LPG TERTENTU: STUDI KASUS DI KOTA BATU MALANG	I036-1 s/d 6
Sri Lisa Susanty, Lisa Ratnasari, Garendra Gatot. A ANALISA PEMILIHAN PEMASOK DENGAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP) DI PT. "X"	I037-1 s/d 6
Terry Karnadi, Hotma Antoni Hutahaean PERANCANGAN <i>LEAN MANUFACTURING SYSTEM</i> UNTUK MEMINIMASI <i>WASTE</i> PADA LANTAI PRODUKSI	I038-1 s/d 6
Toni Satrio Anggoro, Syamsir Abduh PENGARUH <i>AFFECTIVE TRUST</i> DAN <i>TRUST COMPETENCY</i> TERHADAP <i>LOGISTIC EFFICIENCY</i> MELALUI <i>JOINT DECISION</i> <i>MAKING, INFORMATION SHARING, BENEFIT AND RISK</i> <i>SHARING</i> PADA PERUSAHAAN MANUFAKTUR	I039-1 s/d 6
Wawan Kurniawan PERBANDINGAN SISTEM STANDAR MANAJEMEN PADA INDUSTRI KELAPA SAWIT INDONESIA	I040-1 s/d 5
Winnie Septiani, Didien Suhardini, Emelia Sari PERANCANGAN MODEL UNTUK SISTEM PENDUKUNG KEPUTUSAN PADAPENGUKURAN KINERJA PERAWATAN LOKOMOTIF (STUDI KASUS DI PT.KAI)	I041-1 s/d 6
Yunizurwan UPAYA MENINGKATKAN KEGIATAN YANG MEMBERIKAN NILAI TAMBAH DENGAN PENDEKATAN <i>LEAN</i> <i>MANUFACTURING</i> PADA UNIT STERILIZER PT. I.R (STUDI KASUS)	I042-1 s/d 6

SPLIT DELIVERY VEHICLE ROUTING PROBLEM YANG MENYEIMBANGKAN TOTAL WAKTU LAYANAN

Amelia Santoso, Dina Natalia Prayogo dan David Ongkowidjoyo

Jurusan Teknik Industri, Universitas Surabaya

Email: amelia@ubaya.ac.id

Abstrak

Pengaturan rute perjalanan kendaraan (*vehicle routing*) sangat diperlukan dalam sistem distribusi untuk meminimumkan total biaya transportasi. Paper ini membahas model *split delivery vehicle routing problem* (SDVRP) yang memperhatikan keseimbangan total waktu layanan perjalanan semua kendaraan (SDVRP with Balanced Total Service Time atau SDVRPBTST) dan waktu operasi konsumen (*time window*). Metode Tabu Search memberikan hasil yang relatif sama (berbeda 1,61%) dengan waktu yang diperlukan lebih kecil 99% dari metode optimasi. Tabu Search memberikan keseimbangan penggunaan kendaraan yang lebih baik.

Kata kunci: *split delivery, balanced total service time, tabu search*

Pendahuluan

Kecepatan waktu pengiriman merupakan salah satu tuntutan konsumen selain biaya pengiriman yang minimum. Oleh karena itu pengaturan rute kendaraan pengiriman (*vehicle routing problem*) dalam suatu sistem distribusi merupakan hal yang penting. Secara umum, *vehicle routing problem* (VRP) dapat diartikan sebagai masalah pengiriman dari produsen ke konsumen yang fokus pada pencarian rute perjalanan kendaraan dengan total biaya transportasi minimum (Bodin et al., 1983).

Split delivery vehicle routing problem (SDVRP) adalah model VRP yang memungkinkan seorang konsumen dikunjungi lebih dari satu kendaraan karena permintaannya melebihi kapasitas kendaraan (Dror dan Trudeau, 1989; Jin et al., 2008). Tavakkoli-Moghaddam et al. (2007) mengembangkan model SDVRP yang sudah mempertimbangkan kapasitas kendaraan.

Berbagai model VRP di atas belum mempertimbangkan batasan waktu layanan yang diinginkan oleh konsumen. Ho dan Haugland (2004) mengembangkan model pengaturan rute kendaraan pengiriman dengan mempertimbangkan *split delivery* dan waktu layanan yang diinginkan oleh konsumen. Model SDVRP ini dikenal dengan nama *Vehicle Routing Problem with Time Window and Split Delivery* (VRPTWSD).

Pada beberapa kasus ditemukan sopir kendaraan merasa tidak adil karena perbedaan muatan yang diangkut oleh seluruh kendaraan dengan biaya yang sama. Lee dan Ueng (1999) mengembangkan model VRP yang menyeimbangkan muatan yang dibawa di setiap kendaraan (*VRP with Load Balancing*). Kritikos dan Ioannou (2010) mengembangkan model Lee dan Ueng (1999) dengan menambahkan pertimbangan waktu layanan yang diinginkan konsumen. Model yang dikembangkan Kritikos dan Ioannou (2010) disebut *balanced cargo vehicle routing problem with time window* (BCVRPTW).

Dengan memperhatikan kelebihan dan kelemahan masing-masing model yang dibahas di atas, penelitian ini mengembangkan model VRP yang mempertimbangan pengiriman ke konsumen dapat dilakukan oleh 1 kendaraan atau lebih, keseimbangan total waktu layanan dan waktu layanan yang diinginkan konsumen. Model ini disebut *Split Delivery Vehicle Routing Problem with Balanced Total Service Time* (SDVRPBTST). Tujuan model ini menentukan rute pengiriman dengan total biaya transportasi minimal dan memperhatikan keseimbangan total waktu layanan. Untuk membantu mendapatkan keputusan yang mendekati optimum dan lebih cepat dari metode optimasi, dilakukan perancangan algoritma *Tabu Search*.

Framework Penelitian

Model pengaturan rute kendaraan pengiriman yang dikembangkan mempertimbangkan pengiriman ke konsumen dapat dilakukan oleh 1 kendaraan atau lebih, keseimbangan total waktu layanan dan waktu layanan yang diinginkan oleh konsumen (SDVRPBTST). Model ini akan dikembangkan dengan cara mengintegrasikan model yang dikembangkan oleh Kritikos dan Ioannou (2010) dan model Ho dan Haugland (2004).

Setelah diperoleh model SDVRPBTST, dikembangkan algoritma Tabu Search untuk menyelesaikan model tersebut. Hal ini karena model SDVRPBTST termasuk dalam kategori model NP-hard.

Pengembangan Model

Model pengaturan rute pengiriman permintaan konsumen (VRP) yang dikembangkan dalam paper ini mempertimbangkan kemungkinan dilakukan pemecahan pengiriman (*split delivery*). Dengan demikian, setiap konsumen dapat didatangi lebih dari satu kendaraan. Model yang dikembangkan mempertimbangkan keseimbangan waktu layanan (*balanced total service time*) setiap kendaraan yang digunakan selain mempertimbangkan jam operasi konsumen (*time window*). Model ini bertujuan untuk menentukan rute pengiriman dari satu depot (*single depot*) ke semua konsumen dengan memperhatikan *split delivery*, *time window* dan *balanced total service time* agar biaya total transportasi minimum.

Notasi Matematika

Notasi matematika yang dipergunakan dalam pengembangan model pada paper ini sebagai berikut:

Indeks

i, j, h : konsumen
 k : kendaraan

Parameter

c_{ij} : biaya perjalanan dari konsumen i ke konsumen j
 w_k : biaya tetap untuk kendaraan k
 C_k : kapasitas kendaraan k
 d_i : permintaan konsumen i
 t_{ij} : waktu perjalanan dari konsumen i ke konsumen j
 a_i : waktu buka konsumen i
 b_i : waktu tutup konsumen i
 S_i : waktu *service* di konsumen i
 β : biaya penalti per satuan waktu untuk maksimum waktu layanan dari seluruh armada

Variabel

x_{ijk} : rute perjalanan kendaraan k dari konsumen i ke j
 f_{ik} : fraksi permintaan konsumen i yang diangkut kendaraan k
 s_{ik} : waktu tiba kendaraan k di konsumen i
 q_{ik} : jumlah muatan konsumen i yang diangkut kendaraan k
 T_k : total waktu layanan kendaraan k
 W : maksimum total waktu layanan dari seluruh kendaraan

Formulasi Matematika

Model SDVRPBTST yang dikembangkan bertujuan untuk meminimasi total biaya transportasi (TC). Total biaya transportasi terdiri dari biaya variabel pengiriman yang ditentukan oleh jarak antar lokasi dan biaya penalti jika ada ketidakseimbangan waktu layanan semua kendaraan.

$$\min TC = \sum_{k \in V} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} c_{ij} x_{ijk} + \beta(T_{\max} - T_{\min}) \quad (1)$$

Dalam pengembangan model ini dipergunakan beberapa batasan (*constraint*) sebagai berikut:

$$\sum_{j \in N} x_{0jk} = 1 \quad \forall k \in V \quad (2)$$

$$\sum_{i \in N} x_{ihk} - \sum_{j \in N} x_{hjk} = 0 \quad \forall h \in C, \forall k \in V \quad (3)$$

$$\sum_{k \in V} d_i f_{ik} \leq C_k \quad \forall k \in V \quad (4)$$

$$\sum_{k \in V} f_{ik} = 1 \quad \forall i \in C \quad (5)$$

$$\sum_{j \in N} x_{jik} \geq f_{ik} \quad \forall i \in C, \forall k \in V \quad (6)$$

$$f_{ik} \geq 0 \quad \forall i \in C, \forall k \in V \quad (7)$$

$$q_{ik} = d_i f_{ik} \quad \forall i \in C, \forall k \in V \quad (8)$$

$$s_{ik} + S_i + t_{ij} - K_{ij}(1 - x_{ijk}) \leq s_{jk} \quad \forall j \in C, \forall i \in N, \forall k \in V \quad (9)$$

$$s_{ik} + S_i + t_{i0} - K_{i0}(1 - x_{i0k}) \leq b_0 \quad \forall j \in C, \forall i \in N, \forall k \in V \quad (10)$$

$$a_i \leq s_{ik} + S_i \leq b_i \quad \forall i \in N, \forall k \in v \quad (11)$$

$$s_{ik} \leq \left(\sum_{j \in N} x_{ijk} \right) \times b_i \quad \forall i \in N, \forall k \in v \quad (12)$$

$$\sum_{i \in N} S_i \sum_{j \in N} x_{ijk} + \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} t_{ij} x_{ijk} = T_k \quad \forall k \in v \quad (13)$$

$$x_{ihk} = 0 \quad \forall i \in C, \forall k \in V \quad (14)$$

$$x_{ijk} \in \{0, 1\} \quad \forall i, j \in N, \forall k \in V \quad (15)$$

Batasan (2) menjamin setiap kendaraan harus keluar dari depot, sedang batasan (3) menjamin setiap kendaraan yang tiba di satu konsumen harus keluar dari konsumen tersebut. Total muatan di kendaraan tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan dijamin oleh batasan (4). Batasan (5-8) adalah menjamin semua permintaan pasti dipenuhi melalui pengiriman satu kendaraan atau lebih (*split delivery*). Batasan (9-12) adalah batasan yang menjamin kendaraan melakukan pengiriman ke konsumen dalam waktu operasi (*time window*) konsumen. Batasan (13) menjamin keseimbangan waktu layanan semua kendaraan. Sedangkan batasan (14) memastikan kendaraan tidak bergerak pada satu lokasi yang sama. Batasan (15) menyatakan variabel biner untuk x_{ijk} .

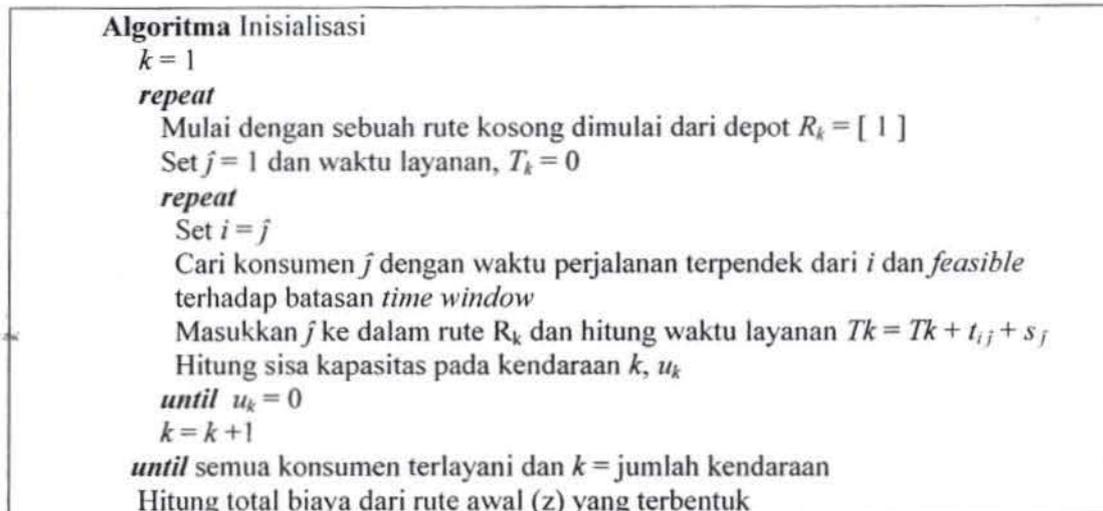
Pengembangan Metode Solusi

Seperti semua varian model VRP lainnya, model SDVRPBTST yang dikembangkan juga termasuk dalam kategori optimisasi kombinatorial. Problem optimisasi kombinatorial adalah NP-hard (Hertz dan Widmer, 2003) sehingga SDVRPBTST termasuk dalam model NP-hard. Algoritma *Tabu Search* merupakan salah satu metode metaheuristik yang digunakan sebagai pendekatan penyelesaian model NP-hard (Grover dan Laguna, 1997).

Algoritma *Tabu Search* dipergunakan dalam paper ini untuk mencari solusi optimal model SDVRPBTST yang dikembangkan. *Tabu Search* terdiri dari 3 tahap yaitu inisiasi, pembentukan *neighborhood* dan perbandingan rute optimal hasil dari metode sub-tour reverse dan yang didapat dari relocate split operator.

Inisialisasi

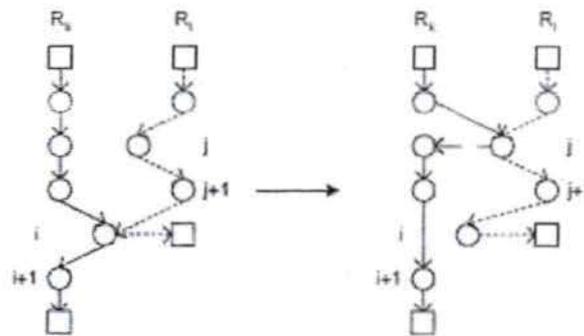
Tahap inisialisasi bertujuan untuk mencari rute awal yang layak (*feasible*) dengan cara memasukkan konsumen j yang belum terlayani dan memiliki total waktu perjalanan terpendek dan memenuhi *time window* konsumen j .



Gambar 1 Pseudo code tahap inisialisasi

Neighborhood

Penentuan *neighborhood* pada *Tabu Search* melalui metode *sub tour reverse* dan *relocate split operator*. Prinsip dari *sub tour reverse* adalah menukar konsumen i dalam suatu kendaraan dengan konsumen berikutnya $i + 1, i + 2, \text{dst.}$ Setiap rute yang terbentuk dari metode ini disimpan di dalam *tabulist*. Prinsip metode *relocate split operator* (Gambar 2) untuk setiap konsumen i yang ada pada R_k dan R_l serta j pada R_l , maka konsumen i dikeluarkan dari rute R_k sehingga rute R_k menjadi $(1, \dots, i-1, i+1, \dots, l)$ dan konsumen j dimasukkan ke R_k , selanjutnya R_k disebut R_k'' .

Gambar 2 Prosedur *relocate split operator*

Tabu Search untuk SDVRPBTST

Total biaya rute optimum yang didapat dari prosedur *sub-tour reverse* dibandingkan dengan total biaya rute optimum yang didapatkan dari *relocate split operator*. Rute dengan total biaya minimum digunakan sebagai pembanding pada iterasi berikutnya. Jika total biaya yang dihasilkan dari kedua metode tersebut lebih optimum daripada total biaya saat ini maka keputusan rute saat ini digantikan dengan yang lebih optimum tadi. Hal ini dilakukan berulang-ulang hingga tidak ditemukan rute yang lebih optimum pada y iterasi. Nilai parameter *Tabu Search*, ukuran *tabulist* (p) dan repetisi (y) berbeda-beda tergantung pada kasus yang digunakan.

Algoritma Tabu Search
 Dapatkan solusi awal dari tahap inialisasi, anggap rute dan total biaya yang didapatkan ini terbaik untuk saat ini $Best_R = R$ dan $Best_z = z$
 Tentukan nilai untuk parameter *Tabu Search* yang digunakan
 $y = 0$
repeat
 Lakukan prosedur *sub-tour reverse*, simpan semua rute alternatif yang *feasible* ke dalam *tabulist* dan tentukan solusi optimum dari *tabulist*, sebut R_tabu dan z_tabu
 Lakukan prosedur *relocate split operator*, sebut solusi optimum $best_R_split$ dan $best_z_split$
if $z_split \leq z_tabu$ **then**
 $z = z_split, R = R_split$
else if $z_split > z_tabu$ **then**
 $z = z_tabu, R = R_tabu$
if $z \leq Best_z$ **then**
 $Best_z = z, Best_R = R$
 $y = 0$
else
 $y = y + 1$
until total biaya yang didapatkan tidak lebih baik dari terbaik saat ini sebanyak y

Gambar 3 Pseudo code algoritma Tabu Search

Hasil dan Diskusi

Dalam studi kasus yang dikembangkan, terdapat 7 konsumen yang memiliki permintaan berdistribusi uniform diskrit $U(40,150)$ unit dan waktu perjalanan antar lokasi berdistribusi $U(30,125)$ menit. Waktu layanan diasumsikan setiap 10 unit barang yang dikirim memerlukan waktu 3 menit. Biaya perjalanan dihitung dari biaya konsumsi bahan bakar. *Time window* konsumen disesuaikan dengan jam kerja umumnya [8.00,16.00]. Kendaraan yang digunakan sebanyak 3 unit dengan kapasitas heterogen. Biaya penalti waktu yang dibebankan ke perusahaan adalah Rp 2000,- per menit.

Studi kasus ini diselesaikan dengan menggunakan metode optimasi dan *Tabu Search*. Perbandingan hasil dari dua metode tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Perbandingan keputusan metode optimasi dengan *Tabu Search*

Keputusan	Metode Optimasi	<i>Tabu Search</i>
Rute Perjalanan	V1 : depot – C7 – C6 – C4 – C2 – depot V2 : depot – C3 – C4 – depot V3 : depot – C7 – C5 – C1 – depot	V1 : depot – C2 – C7 – C6 – C1 – depot V2 : depot – C5 – C1 – C4 – depot V3 : depot – C3 – C5 – depot
Total Biaya (Rp)	Rp 362.594,-	Rp 368.770,-
Biaya variabel (Rp)	Rp 304.594,-	Rp 338.770,-
Biaya Penalti waktu (Rp)	Rp 58.000,-	Rp 30.000,-
Total waktu layanan (T)	V1 : 310 menit V2 : 281 menit V3 : 306 menit	V1 : 351 menit V2 : 351 menit V3 : 336 menit
Selisih waktu layanan maksimum dan minimum (ΔT)	29 menit	15 menit

Keputusan	Metode Optimasi	Tabu Search
% ΔT	9,35%	4,61%
Run time	1 menit 23 detik	0,3906 detik

Waktu yang diperlukan metode Tabu Search untuk menyelesaikan model SDVRPBTST hanya berbeda 1,61% dari metode optimasi tetapi dengan waktu yang lebih cepat 99%. Meski waktu layanan yang dihasilkan metode Tabu Search lebih besar akan tetapi lebih seimbang beban antar kendaraan.

Kesimpulan

Model SDVRPBTST adalah model VRP yang sudah mempertimbangkan kemungkinan pengiriman permintaan dipecah menjadi beberapa pengiriman dengan memperhatikan waktu operasi konsumen. Selain itu model ini menyeimbangkan total waktu layanan setiap kendaraan yang dipergunakan.

Metode Tabu Search yang dipergunakan untuk menyelesaikan model SDVRPBTST memberikan hasil yang relatif sama (berbeda 1,61%) dengan waktu yang diperlukan untuk menyelesaikan model lebih cepat 99% dari waktu yang diperlukan metode optimasi.

Model SDVRPBTST ini hanya mempertimbangkan satu depot saja, oleh karena itu penelitian selanjutnya akan mempertimbangkan multi depot SDVRPBTST.

Daftar Pustaka

Bodin, L. Bruce G., Assad, A., dan Ball, M., 1983, Routing and scheduling of vehicles and crews: the state of the art, *Computers and Operations Research*, vol. 10, 263-211

Dror, M, dan Trudeau, P., 1989, Savings by split delivery routing, *Transportation Science*, vol. 23 no. 2, 141-149

Glover, F., dan Laguna, M., 1997, *Tabu Search*, Kluwer Academic, Boston.

Hertz, A. dan Widmer, M., 2003, Guidelines for the use of meta-heuristics in combinatorial optimization, *European Journal of Operational Research*, vol. 151, 247-252

Ho, S. dan Haugland, D. 2004, A Tabu Search for the vehicle routing problem with time windows and split deliveries, *Computers and Operations Research*, vol. 31 no. 12, 1947-1964

Jin, M., Liu, K., dan Eksioğlu, B., 2008, A column generation approach for the split delivery vehicle routing problem, *Operations Research Letters*, vol. 36, 265 – 270

Kritikos, M. N., dan Ioannou, G., 2010, The balanced cargo vehicle routing problem with time windows, *International Journal Production Economics*, vol. 123 no. 1, 42-51.

Lee, T. R., dan Ueng, J. H., 1999, A study of vehicle routing problems with load-balancing, *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, vol 29 no. 10, 646-657.

Tavakkoli-Moghaddam, R., Safaei, N., Kah, M.M.O. dan Rabbani, M., 2007, New Capacitated Vehicle Routing Problem with Split Service for Minimizing Fleet Cost by Simulated Annealing, *Journal of the Franklin Institute*, vol. 344, 406-425