



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI
LPG PERTAMINA
DARI DEPOT KE STASIUN PENGISIAN LPG 3 KG
DI PULAU JAWA**

TESIS

FEDY ALBERTO

0906578573

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JAKARTA
JULI 2011**



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENENTUAN RUTE DISTRIBUSI
LPG PERTAMINA
DARI DEPOT KE STASIUN PENGISIAN LPG 3 KG
DI PULAU JAWA**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

FEDY ALBERTO

0906578573

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
JAKARTA
JULI 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Tesis ini adalah hasil karya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Fedy Alberto

NPM : 0906578573

Tanda Tangan :

Tanggal : 02 Juli 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Fedy Alberto
NPM : 0906578573
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tesis : Penentuan Rute Distribusi LPG Pertamina dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg di P. Jawa

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Magister Teknik pada Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.

DEWAN PENGUJI

Pembimbing 1 : Dr. Ing. Amalia Suzianti, ST, MSc. ()
Pembimbing 2 : Ir. Yadrifil, MSc. ()
Penguji : Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, MEngSc. ()
Penguji : Ir. Amar Rachman, MEIM. ()
Penguji : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT. ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 02 Juli 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat dan karunia-Nya penyusunan tesis ini dapat diselesaikan. Penyusunan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik dari Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Penulis menyadari bahwa penyusunan tesis ini tidak lepas dari bantuan, dukungan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu penulis, ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr. Ing. Amalia Suzianti, ST, MSc. selaku dosen pembimbing I tesis yang telah memberi banyak masukan, bimbingan dan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.
2. Bapak Ir. Yadrifil, MSc. selaku dosen pembimbing akademis penulis selama kuliah di Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia dan juga selaku dosen pembimbing II tesis.
3. Bapak Ir. Amar Rachman, MEIM. yang telah banyak membantu, memberi masukan, bimbingan dan dukungan dalam penyusunan model.
4. Para dosen penguji yang membuat tesis ini menjadi lebih baik.
5. Tim Laboratorium SEMS, Bapak Ir. Akhmad Hidayatno, MBT., Bapak Armand Omar Moeis, ST., MSc., Bapak Komarudin, ST., M.Eng., Sdr. Aziiz Sutrisno, ST., Sdr. Maolana Hakim, dan lain-lain yang telah sangat membantu dalam pembuatan program.
6. Serafina Hayu dan Jonash, istri dan anak tersayang yang selalu memberi dukungan dan harapan.
7. Bapak Kusnendar, Bapak Danny Suhendi dan rekan-rekan kerja penulis di kantor, atas pengertian dan dukungannya.
8. Bpk. Deni Febrianto selaku ketua kelas dan teman-teman kelas S2 Pertamina Salemba yang selalu kompak dan saling mendukung dari awal hingga akhir perkuliahan.

9. Ibu Fatima, Mas Dodi dan semua staf di lingkungan Teknik Industri UI atas semua bantuannya selama ini.
10. Pihak-pihak lain yang juga telah sangat membantu penulis dalam penyelesaian tesis ini namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Akhir kata, penulis berharap tesis ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Jakarta, Juli 2011

Penulis



**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Fedy Alberto
NPM : 0906578573
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknik
Jenis Karya : Tesis

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif (*Non-Exclusive Royalti-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Penentuan Rute Distribusi LPG Pertamina dari Depot ke
Stasiun Pengisian LPG 3 kg di Pulau Jawa”**

beserta perangkat yang ada (bila diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini, Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Jakarta

Pada tanggal : 02 Juli 2011

Yang menyatakan


(Fedy Alberto)

ABSTRAK

Nama : Fedy Alberto
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Penentuan Rute Distribusi LPG Pertamina dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg di Pulau Jawa

Dengan berjalannya program Pemerintah untuk mengkonversi penggunaan Minyak Tanah bersubsidi ke LPG 3 kg, Pertamina memerlukan rancangan rute distribusi yang efektif di dalam jalur distribusi LPG 3 kg agar dicapai efisiensi dari total biaya pengangkutan LPG dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg. Permasalahan perancangan rute distribusi LPG disini merupakan model *Multi Depot Transportation Problem* dengan *Split Service* (MDTPSS) dan akan diselesaikan menggunakan metode *Simulated Annealing*. Dengan menggunakan metode ini diharapkan *output* dari penelitian ini adalah model matematis untuk penentuan rute distribusi LPG dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg yang optimal.

Kata kunci :
Rute, Distribusi LPG, MDTPSS, *Simulated Annealing*.

ABSTRACT

Name : Fedy Alberto
Study Program : Industrial Engineering
Title : Pertamina's LPG Distribution Route Determination from Depot to LPG 3 kg Filling Station in Java

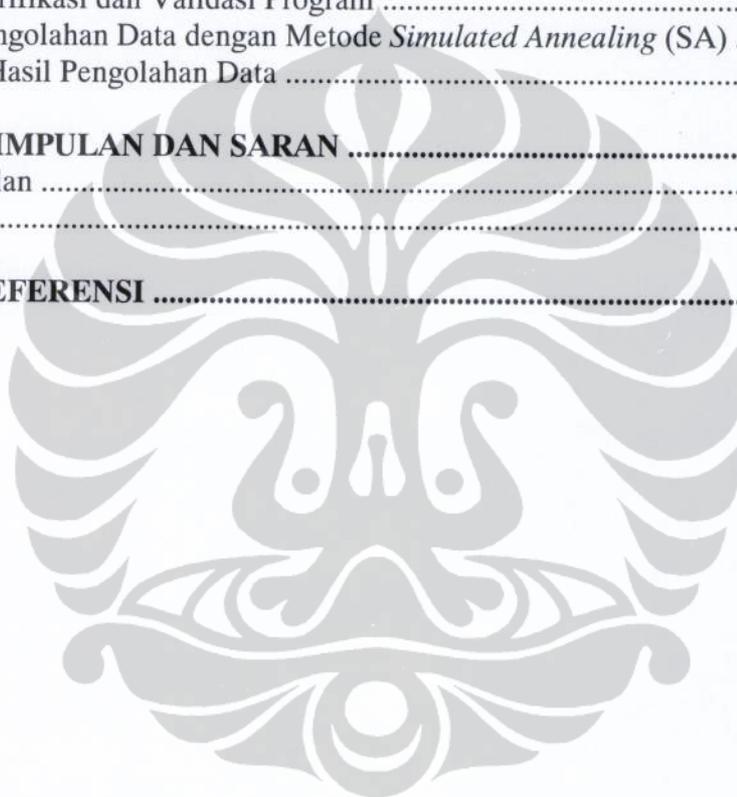
As Government's program to convert the use of subsidized kerosene to LPG 3 kg, Pertamina as operator needs an effective LPG 3 kg distribution route design to achieve an efficient total distribution cost from Depot to LPG 3 kg Filling Station. The LPG distribution route design problem in this thesis is a Multi Depot Transportation Problem with Split Service (MDTPSS) model and will be solved by *Simulated Annealing* method. With in the use of this method, it will produce a mathematical model to determine an optimal LPG distribution route from Depot to LPG 3 kg Filling Station.

Key words :
Route, LPG Distribution, MDTPSS, *Simulated Annealing*.

DAFTAR ISI

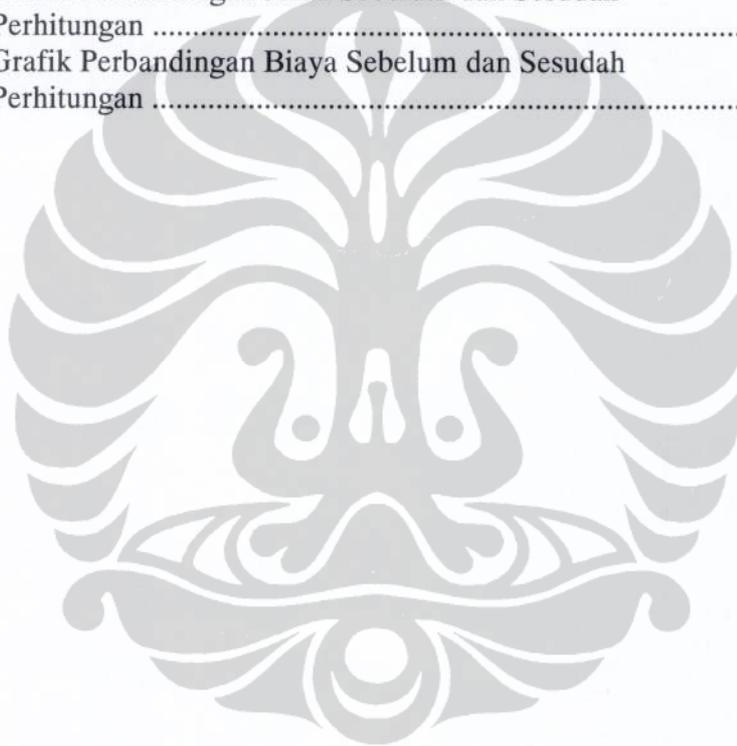
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	vi
ABSTRAK	vii
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Permasalahan	1
1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan	2
1.3 Rumusan Permasalahan	3
1.4 Tujuan Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	6
1.6 Metodologi Penelitian	7
1.7 Sistematika Penulisan	8
BAB 2 LANDASAN TEORI DAN PENYUSUNAN MODEL	10
2.1 <i>Multi Depot Transportation Problem with Split Service</i> (MDTPSS)...	10
2.2 Beberapa Metode Optimasi dalam Permasalahan Transportasi	12
2.2.1 <i>Tabu Search</i> (TS)	12
2.2.2 <i>Particle Swarm Optimization</i> (PSO)	13
2.2.3 <i>Simulated Annealing</i> (SA)	14
2.3 Teori <i>Simulated Annealing</i>	15
2.3.1 Algoritma <i>Simulated Annealing</i> (SA)	18
2.3.2 Komponen SA	18
2.3.3 Fungsi Biaya	21
2.3.4 Struktur Ketetangaan	22
2.3.5 Ruang Solusi	23
2.4 Penyusunan Model untuk <i>Multi Depot Transportation Problem with Split Service</i> (MDTPSS)	23
BAB 3 PENGUMPULAN DATA	28
3.1 Profil Perusahaan	28

3.2 Pengumpulan Data	29
3.2.1 Data Jumlah, Kapasitas dan Kecepatan Rata-Rata Kendaraan Pengangkut LPG	29
3.2.2 Data Waktu <i>Loading</i> dan <i>Unloading</i>	30
3.2.3 Data Biaya Angkut	30
3.2.4 Data Kemampuan Pasok <i>Supply Point</i>	30
3.2.5 Data Jarak Antara <i>Supply Point</i> dengan SPBE.....	31
3.2.6 Data <i>Demand</i> SPBE.....	35
BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL	37
4.1 Pengolahan Data	37
4.1.1 Verifikasi dan Validasi Program	38
4.1.2 Pengolahan Data dengan Metode <i>Simulated Annealing</i> (SA) ...	41
4.2 Analisa Hasil Pengolahan Data	44
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	50
DAFTAR REFERENSI	51



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah	3
Gambar 1.2 Jalur Distribusi LPG 3 kg	4
Gambar 1.3 Diagram Metodologi Penelitian	7
Gambar 3.1 Sebaran Depot dan SPBE di Jawa bagian Barat	31
Gambar 3.2 Sebaran Depot dan SPBE di Jawa bagian Tengah	32
Gambar 3.3 Sebaran Depot dan SPBE di Jawa bagian Timur	32
Gambar 4.1 Diagram Alir Pengerjaan Algoritma <i>Simulated Annealing</i>	42
Gambar 4.2 Grafik Total Jarak Rute dan Jumlah Iterasi	44
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Jarak Sebelum dan Sesudah Perhitungan	47
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Biaya Sebelum dan Sesudah Perhitungan	47



DAFTAR TABEL

Tabel 1.1	Jumlah Depot dan SPBE	7
Tabel 2.1	Tabel Komparasi Jurnal	11
Tabel 2.2	Pemetaan <i>physical annealing</i> ke dalam SA	17
Tabel 3.1	Data Kemampuan Pasok <i>Supply Point</i>	31
Tabel 3.2	Data Jarak antara <i>Supply Point</i> dengan SPBE	33
Tabel 3.3	Data Jarak antara <i>Supply Point</i> dengan SPBE memperhitungkan Jarak Minimum	34
Tabel 3.4	Data <i>Demand</i> SPBE	35
Tabel 4.1	Hasil Verifikasi dengan Mengubah <i>Local Search</i>	38
Tabel 4.2	Hasil Verifikasi dengan Mengubah Suhu Akhir	38
Tabel 4.3	Hasil Verifikasi dengan Mengubah Suhu Awal	39
Tabel 4.4	Hasil Verifikasi dengan Mengubah Jumlah Iterasi	39
Tabel 4.5	Pemilihan Depot Suplai secara Manual	40
Tabel 4.6	Tabel Rute Pengiriman LPG dari Depot ke SPBE Hasil Perhitungan	43
Tabel 4.7	Rute Pengiriman LPG Saat Ini	45

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Contoh Berita Acara Pengukuran Jarak Antara Depot dengan SPBE	52
Lampiran 2	Surat Keputusan Direktur Pemasaran dan Niaga PT. Pertamina (Persero) No. Kpts – 064/F00000/2010-S3 tanggal 12 Agustus 2010 tentang “Penetapan <i>Filling Fee</i> & <i>Transport Fee</i> SPPBE/SPBE”	53
Lampiran 3	Contoh Tampilan Program Perhitungan	55
Lampiran 4	Panduan Penggunaan Program	57



BAB 1

PENDAHULUAN

Pada penelitian kali ini akan dibahas mengenai penentuan rute distribusi pengiriman LPG Pertamina dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg di Pulau Jawa. Nantinya diharapkan hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mendapatkan rute pengiriman yang paling optimal sehingga juga didapat biaya optimal yang harus dikeluarkan dalam pengiriman LPG tersebut. Berikut pada bab ini kami sampaikan mengenai latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan permasalahan, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang Permasalahan

Indonesia yang masih bergantung pada penggunaan bahan bakar yang disubsidi oleh Pemerintah semakin tertekan akibat dari harga minyak dunia yang terus cenderung meningkat. Anggaran belanja Negara (APBN) pun tergerus sangat besar untuk menutup biaya subsidi bahan bakar tersebut, khususnya bahan bakar yang digunakan untuk kebutuhan rumah tangga, yaitu Minyak Tanah (*kerosene*).

Pemerintah pada tahun 2007 mengeluarkan biaya pada APBN sebesar hampir Rp. 53 Trilyun untuk mensubsidi minyak tanah sebanyak 9,8 juta kiloliter. Maka dengan melihat beberapa alternatif untuk menghemat APBN, Pemerintah pada tahun 2008 menetapkan untuk menjalankan program konversi Minyak Tanah bersubsidi ke LPG 3 kg.

Masyarakat Indonesia akan diubah budayanya dari pengguna minyak tanah menjadi pengguna LPG (*Liquified Petroleum Gas*). Tidak hanya masyarakat

pengguna yang dikonversi, namun jalur distribusi minyak tanah pun dikonversi dimana Agen Minyak Tanah bersubsidi juga dikonversi menjadi Agen LPG 3 kg.

Dalam distribusinya, minyak tanah sedikit berbeda dengan LPG. Perbedaan yang mendasar adalah LPG memerlukan wadah khusus, sedangkan minyak tanah tidak. Oleh karena itu dibutuhkan Stasiun Pengisian LPG di dalam rantai jalur distribusi LPG dari titik suplai agar sampai ke tangan konsumen akhir dalam kemasan.

Dengan berjalannya program Pemerintah untuk mengkonversi penggunaan Minyak Tanah bersubsidi ke LPG 3 kg di seluruh Indonesia, Pertamina sebagai Badan Usaha yang ditunjuk oleh Pemerintah untuk menjalankan program tersebut memerlukan jaringan distribusi yang dapat menjangkau seluruh masyarakat dan menjaga ketersediaan produknya di masyarakat.

Dalam menjalankan program ini, Pertamina memperluas jaringan distribusi dengan memperluas jaringan Stasiun Pengisian LPG 3 kg sehingga perlu merancang rute distribusi yang efektif di dalam jalur distribusi LPG 3 kg bersubsidi tersebut agar dapat dicapai efisiensi dari total biaya pengangkutan LPG dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg.

1.2 Diagram Keterkaitan Permasalahan

Keterkaitan masalah yang diangkat dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram keterkaitan pada Gambar 1.1 Diagram Keterkaitan Masalah dibawah ini.

Didalam gambar tersebut dapat dilihat bahwa rute pengiriman LPG dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG yang tidak optimal disebabkan oleh tidak adanya penyusunan rute yang baik dan hal ini disebabkan oleh beberapa penyebab diantaranya jarak antar Depot dengan Stasiun Pengisian LPG yang berbeda, birikrasi konsumen, tidak adanya sistem penyusunan rute, kemampuan SDM yang kurang dan sering mengikuti intuisi pengemudi.

Dengan melihat gambar diatas, maka jalur distribusi dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg merupakan bagian dari jalur distribusi LPG 3 kg dari titik suplai ke konsumen akhir.

Untuk memperluas jaringan distribusi LPG 3 kg ke seluruh masyarakat dan menjaga ketersediaan produknya di masyarakat, Pertamina mengajak pihak swasta untuk bekerjasama sebagai Stasiun Pengisian LPG 3 kg dengan memberikan beberapa alternatif, yang salah satunya adalah membedakan jenis Stasiun Pengisian LPG agar pihak swasta dapat memilih investasi yang lebih cocok.

Pembedaan Stasiun Pengisian LPG 3 kg di dalam jalur distribusi LPG Pertamina terdiri dari 2 (dua) jenis, yaitu :

- SPPBE (Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bulk Elpiji), adalah Stasiun Pengisian LPG 3 kg yang memiliki armada pengangkutan LPG sendiri untuk mengangkut LPG dari titik suplai ke Stasiun Pengisiannya sendiri. Dan jenis ini yang sekarang sudah berjalan.
- SPBE (Stasiun Pengisian Bulk Elpiji), adalah Stasiun Pengisian LPG 3 kg yang tidak memiliki armada pengangkutan LPG sendiri untuk mengangkut LPG dari titik suplai ke Stasiun Pengisiannya. Dan jenis ini yang akan berjalan pada Januari 2011.

Untuk jenis SPBE, nantinya suplai LPG dari titik suplai akan dilayani menggunakan kendaraan truk pengangkut LPG curah yang biasa disebut *skid tank* oleh Pertamina yang bekerjasama dengan anak perusahaannya yaitu PT. Patra Niaga. PT. Patra Niaga akan menjadi transportir pengangkut LPG dari titik suplai ke SPBE yang ditunjuk oleh Pertamina dengan imbal baliknya adalah *transportation fee* yang akan dibayar oleh Pertamina kepada PT. Patra Niaga.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan rute distribusi LPG dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg yang menggunakan transportir anak perusahaan Pertamina sehingga didapat biaya yang efisien dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg.

Manfaat dari penelitian ini diharapkan tercapainya biaya transportasi LPG dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg yang efisien dan selain itu dicapai pengaturan stok yang lebih baik.

Kemudian output dari penelitian ini adalah model matematis untuk penentuan rute distribusi LPG dari Depot ke Stasiun Pengisian LPG 3 kg.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Harga jual LPG di Indonesia berada dibawah dari harga jual pasaran dunia, dalam artian masih ada selisih rugi harga jual dengan harga pokok produksinya. LPG yang disalurkan oleh Pertamina dengan merk dagang Elpiji ada yang disubsidi oleh Pemerintah dan ada juga yang kerugiannya masih ditanggung sendiri oleh Pertamina.

LPG yang kerugiannya masih ditanggung sendiri oleh Pertamina adalah Elpiji dalam kemasan 6 kg, 12 kg, 50 kg dan *bulk* (curah). Sedangkan LPG yang disubsidi oleh Pemerintah adalah Elpiji dalam kemasan 3 kg, sehingga diperlukan perhatian lebih untuk menangani LPG 3 kg ini karena penyalurannya akan diperiksa/audit oleh Pemerintah untuk penggantian biaya subsidinya.

Sampai dengan bulan September, penyaluran LPG 3 kg bersubsidi di tahun 2010 sudah mencapai 1.995.141.146 kg atau hampir 2 juta MT. Untuk pulau Jawa sendiri (DKI Jakarta, Jabar, Banten, Jawa Tengah, DIY dan Jawa Timur) realisasi penyaluran LPG 3 kg sudah mencapai 86% dari angka total penyaluran tersebut. Sehingga dengan melihat hal tersebut, dalam penulisan ini kami mengambil ruang lingkup di Pulau Jawa.

Dalam diagram yang digambarkan dalam Gambar 1.3 Diagram Metodologi Penelitian diatas, penelitian ini dimulai dengan pengidentifikasian masalah melalui studi literatur baik studi pustaka, jurnal maupun internet. Kemudian dilanjutkan dengan perumusan masalah sehingga dapat ditentukan tujuan penelitian ini. Setelah itu menentukan metode yang akan digunakan untuk pemecahan masalah, pengumpulan data, pembuatan model matematis dan selanjutnya mengolah data dan mengevaluasi serta menganalisa hasil pengolahan data sehingga dapat ditarik kesimpulan dan saran

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini diawali dengan Bab 1 yang berisi pendahuluan. Dalam bab pendahuluan dijabarkan mengenai latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan permasalahan, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan.

Selanjutnya untuk ulasan jurnal-jurnal pendukung dan landasan teori yang terkait penelitian ini serta penyusunan model fungsi tujuan dan kendala akan dijabarkan dalam Bab 2.

Kemudian profil perusahaan, pengumpulan data dan parameter ada di dalam Bab 3. Didalam bab ini disajikan seluruh data yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan, mulai dari data jumlah *skidtank*, kecepatan *skidtank*, kapasitas angkut *skidtank*, data waktu *loading* dan *unloading*, data biaya angkut, kemampuan pasok *supply point* (Depot), data permintaan (*demand*) SPBE serta data jarak antara Depot dengan SPBE.

Pada Bab 4, pengolahan data dan analisa hasil, model yang sudah didapat disimulasikan untuk menghitung dan didapat rute distribusi LPG dari Depot ke SPBE di Pulau Jawa. Dalam bab ini juga akan disampaikan analisa mengenai hasil yang didapat dari perhitungan, membandingkan hasil dengan kondisi yang

sudah berjalan saat ini di lapangan dan menghitung penghematan yang didapat dari penelitian ini.

Terakhir pada Bab 5 dimuat kesimpulan dari penelitian ini dan saran untuk penelitian yang dapat dilakukan dimasa yang akan datang untuk menindaklanjuti penelitian ini.



BAB 2

LANDASAN TEORI DAN PENYUSUNAN MODEL

Dalam bab ini akan dijabarkan mengenai keterkaitan jurnal-jurnal pendukung dengan penelitian ini terutama mengenai teori, permasalahan dan metode-metode penyelesaian permasalahan. Kemudian dari ulasan-ulasan tersebut dipilih metode yang akan digunakan untuk penyelesaian dalam penelitian ini dilanjutkan mengenai landasan teori dari metode yang dipilih serta penyusunan model fungsi tujuan dan kendala.

2.1 Multi Depot Transportation Problem with Split Service (MDTPSS)

Dengan melihat jurnal-jurnal sebelumnya yang membahas berbagai permasalahan optimasi dengan menggunakan beberapa metode pemecahan, penelitian ini banyak mengambil bahan terutama untuk pertimbangan pembuatan model fungsi tujuan dan kendala, seperti yang ditulis oleh Ho dan Haugland (2002) dimana model fungsi tujuan dan *split delivery* mirip dengan yang dibahas di penelitian ini. Kemudian dari tulisan Tavakkoli-Moghaddam, Safaei, Kah dan Rabbani (2005) yang membahas permasalahan *split service*. Serta dari tulisan Nunakaw dan Phruksaphanrat (2009) dimana model *Transportation Problem* yang dijabarkan menyerupai model pengiriman LPG dari Depot ke SPBE yang ada dalam penelitian ini.

Ho dan Haugland (2002) menulis hasil penelitian mereka tentang permasalahan VRP dengan *Time Windows* dan *Split Delivery* (VRPTWSD). Didalam tulisannya, mereka mengangkat permasalahan transportasi dari *single* depot ke beberapa tujuan dimana *demand* dari tujuan harus dipenuhi oleh satu kali atau lebih pengiriman. Dan untuk melayani salah satu tujuan harus dengan menggunakan kendaraan yang sama.

Sedangkan dalam tulisan Tavakkoli-Moghaddam, Safaei, Kah dan Rabbani (2005), mereka menjabarkan tentang permasalahan VRP dimana dari *single* depot ke beberapa tujuan dimana *demand* dari tujuan harus dipenuhi oleh satu kali atau lebih pengiriman. Namun untuk melayani salah satu tujuan tidak harus dengan menggunakan kendaraan yang sama atau dikenal dengan istilah *split service*.

Kemudian dalam tulisan Nunkaew dan Phruksaphanrat (2009) menjabarkan tentang permasalahan *Transportation Problem* (TP) dari *multi-depot* ke beberapa tujuan dimana *demand* dari tujuan dapat dipenuhi dengan satu kali pengiriman.

Penjabaran diatas dapat dilihat komparasi antar jurnalnya seperti pada Tabel 2.1 Tabel Komparasi Jurnal dibawah ini.

Tabel 2.1 Tabel Komparasi Jurnal

Penulis	Depot	Rute	Pemenuhan Demand	Kendaraan
Ho dan Haugland	<i>Single</i>	<i>Routing</i> VRP	<i>Split</i> <i>Delivery</i>	1 tujuan harus dilayani oleh kendaraan yang sama
Tavakkoli-Moghaddam, Safaei, Kah dan Rabbani	<i>Single</i>	<i>Routing</i> VRP	<i>Split Service</i>	1 tujuan tidak harus dilayani oleh kendaraan yang sama
Nunkaew dan Phruksaphanrat	<i>Multi</i>	Bukan <i>Routing</i> VRP (hanya bolak-balik)	Sekali kirim	1 tujuan harus dilayani oleh kendaraan yang sama

Dengan melihat komparasi jurnal dalam tabel diatas, kemudian dalam penelitian ini permasalahan yang dibahas adalah pengiriman LPG dari 8 (delapan) buah Depot ke 54 (lima puluh empat) Stasiun Pengisian LPG (SPBE) menggunakan *skidtank*. Untuk pengiriman ini, *skidtank* mengangkut sesuai kapasitasnya yaitu 15 MT untuk memenuhi *demand* SPBE setiap hari yang bervariasi mulai dari

15 sampai 75 MT/hari. Untuk memenuhi *demand* masing-masing SPBE dengan kapasitas *skidtank* hanya 15 MT sekali angkut, maka dibutuhkan satu kali atau lebih pengiriman untuk memenuhi *demand* masing-masing SPBE dan tidak harus menggunakan kendaraan yang sama atau menggunakan istilah *split service*.

Dan dikarenakan pengiriman oleh suatu *skidtank* ke SPBE dilakukan dari Depot ke satu SPBE dan setelah pengiriman itu (trip), *skidtank* harus langsung kembali Depot dulu sebelum mengirim ke SPBE lagi, maka permasalahan ini adalah permasalahan *Transportation Problem* atau hampir sama dengan permasalahan *Vehicle Routing Problem* (VRP). Namun beda yang signifikan adalah jumlah tujuannya. Untuk VRP, tujuan yang ditetapkan setiap kali kendaraan keluar dari Depot adalah minimal dua tujuan atau lebih. Sedangkan pada penelitian ini, tujuannya hanya satu. Hal ini dapat pula dianggap jumlah tujuannya lebih dari satu, namun setelah mengirim ke tujuan pertama, barang yang diangkut sudah habis dibongkar sehingga kendaraan pengangkut harus kembali dulu ke Depot untuk mengambil barang lagi untuk diantar ke tujuan yang lain, begitu seterusnya sampai seluruh permintaan tujuan terpenuhi dengan jarak atau biaya minimum (optimal).

Melihat penjabaran diatas, maka permasalahan dalam penelitian ini dapat disebut permasalahan *Multi Depot Transportation Problem with Split Service* (MDTPSS).

2.2 Beberapa Metode Optimasi dalam Permasalahan Transportasi

Dalam menyelesaikan berbagai permasalahan optimasi khususnya terkait dengan problem VRP dapat dilakukan dengan metode *meta heuristic*, seperti *Tabu Search* (TS), *Particle Swarm Optimization* (PSO), *Simulated Annealing* (SA), dan lain-lain.

2.2.1 *Tabu Search* (TS)

Ho dan Haugland (2002) menuliskan hasil penelitian mereka tentang permasalahan VRP dengan *Time Windows* dan *Split Delivery* (VRPTWSD) dengan menggunakan metode *Tabu Search* (TS). Berbeda dengan penelitian

sebelumnya Dror dan Trudeau (1990) dimana penyelesaian permasalahan VRPTWSD dengan menggunakan algoritma TS dua tahap, dimana tahap pertama adalah merancang solusi VRP menggunakan perubahan posisi node, kemudian dilanjutkan dengan tahap kedua yaitu meningkatkan kualitas solusi VRP dengan cara memasukan pemisahan dan menghilangkan pemisahan. Namun Ho dan Haugland tidak memisahkan kedua tahap tersebut, tetapi menjalankannya sekaligus secara paralel. Mereka memiliki kumpulan dari solusi-solusi yang dihasilkan dari operator-operator yang bergerak secara berbeda yang kemudian akan dipilih solusi terbaik secara heuristik dari kumpulan tersebut.

Hasil dari penelitian mereka menyatakan bahwa metode TS yang mereka lakukan dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan VRPTWSD dan hasilnya lebih baik 8,93% dari 56 solusi terbaik yang dihasilkan menggunakan uji Solomon.

2.2.2 Particle Swarm Optimization (PSO)

Sombuntham dan Kachitvichayanukul (2010) menulis tentang permasalahan VRP dengan Multi-depot dan permintaan *Pickup and Delivery* yang mereka sebut *Generalized VRP for multi-depot with pickup and delivery requests* (GVRP-MDPDR). Metode yang mereka gunakan untuk penyelesaian permasalahan GVRP-MDPDR adalah menggunakan metode *Particle Swarm Optimization* (PSO). Variasi permasalahan VRP dengan MDPDR melibatkan banyak persamaan kendala matematika sehingga dibutuhkan waktu perhitungan yang lama untuk menyelesaikan permasalahan. Maka untuk menyelesaikan permasalahan dengan waktu perhitungan relatif singkat, mereka menggunakan metode PSO dimana hasil yang diharapkan adalah daftar prioritas pelanggan dan kendaraan yang cocok untuk melayani pelanggan tersebut. Untuk meminimumkan total biaya rute perjalanan dan jumlah kendaraan serta memaksimalkan pemenuhan *demand* pelanggan dengan setiap permintaan dilayani tepat satu kali oleh satu kendaraan, muatan kendaraan tidak melebihi dari kapasitas angkutnya, setiap rute dimulai dan diakhiri pada terminal tertentu, jumlah kendaraan yang

digunakan tidak melebihi dari jumlah kendaraan yang tersedia dan total waktu setiap rute tidak melebihi waktu yang ditentukan. Hasil perhitungan dalam penyelesaian permasalahan didapatkan bahwa perhitungan dengan menggunakan metode PSO cukup efektif terutama untuk pelanggan yang telah dikelompokkan.

2.2.3 *Simulated Annealing* (SA)

Sedangkan seperti yang ditulis oleh Tavakkoli-Moghaddam, Safaei, Kah dan Rabbani (2005) yang menuliskan tentang permasalahan *Capacitated Heterogeneous VRP* dengan *split service* (CHVRPSS) untuk menekan biaya angkut dengan menggunakan metode SA, bahwa banyak yang sudah membahas mengenai permasalahan VRP dengan *split delivery* dimana *demand* tujuan harus dipenuhi oleh kendaraan yang sama. Namun pada kenyataannya saat ini banyak permasalahan yang untuk memenuhi *demand* tujuan tidak harus dipenuhi oleh kendaraan yang sama. Oleh karena itu, mereka mencoba menyelesaikan permasalahan VRP dengan *split service* untuk meminimumkan total biaya angkut dan jarak rute pengangkutan dengan seluruh *demand* dari tujuan harus terpenuhi, pemenuhan *demand* dari tujuan boleh dilayani oleh kendaraan yang berbeda, setiap kendaraan angkut dimulai dan diakhiri di depot, muatan kendaraan tidak melebihi dari kapasitas angkutnya dan jumlah kendaraan yang digunakan tidak melebihi dari jumlah kendaraan yang tersedia. Hasil dari penelitian mereka menyatakan bahwa SA dapat digunakan untuk mendapatkan rute optimal dengan biaya angkut dan jarak yang minimum dengan waktu perhitungan relatif singkat.

Setelah melihat sedikit ulasan dari beberapa tulisan diatas mengenai metode-metode penyelesaian permasalahan optimasi, maka seperti yang disampaikan oleh Tavakkoli-Moghaddam, Safaei, Kah dan Rabbani (2005), bahwa permasalahan CHVRPSS dapat diselesaikan juga dengan menggunakan metode algoritma *Simulated Annealing* (SA). Dan diperkuat oleh yang disampaikan oleh Koulamas, Antony dan Jaen (1993), bahwa algoritma SA dapat dilihat sebagai teknik optimasi umum untuk pemecahan masalah optimasi kombinatorial, maka dikarenakan permasalahan dalam penelitian ini hampir mirip dengan penelitian

Tavakkoli-Moghaddam, Safaei, Kah dan Rabbani (2005), hanya bedanya pada penelitian mereka menggunakan 1 (satu) Depot, di penelitian ini permasalahannya ada 8 (delapan) Depot (*Multi-depot*) dan untuk penyederhanaan permasalahan, dalam penelitian ini permasalahan MDTPSS akan diselesaikan dengan menggunakan metode *Simulated Annealing* (SA).

2.3 Teori *Simulated Annealing*

Diambil dari tulisan Suyanto (2010) pada bukunya yang berjudul “Algoritma Optimasi : Deterministik atau Probabilistik?”, sesuai dengan namanya, *Simulated Annealing* (SA) mensimulasikan proses *annealing* pada pembuatan materi yang terdiri dari butir kristal (*glassy*) atau logam. Tujuan dari proses ini adalah menghasilkan struktur kristal yang baik dengan menggunakan energi seminimal mungkin.

Pada tahun 1983, Kirkpatrick dan koleganya mencoba menerapkan ide untuk menggunakan SA untuk mencari solusi-solusi yang layak dan konvergen pada solusi optimal.

Pada metode yang digunakan untuk penyelesaian permasalahan optimasi yang sudah cukup lama digunakan yaitu *Hill Climbing*, kita dapat terjebak pada minimum (atau maksimum) lokal. Namun terdapat banyak cara yang bisa digunakan untuk mengatasi hal tersebut, diantaranya adalah :

- Mencoba algoritma *Hill Climbing* dengan menggunakan beberapa titik awal yang berbeda.
- Meningkatkan ukuran ketetangaan sehingga terdapat lebih banyak ruang pencarian pada setiap langkah. Sebagai contoh, kita bisa mencoba suatu langkah dengan tiga pilihan atau lebih untuk masalah TSP.

Bagaimanapun, kedua cara tersebut tidak efektif ketika menggunakan algoritma *Simple Hill Climbing*. Adapun cara yang efektif adalah dengan membolehkan langkah menuju *state* yang lebih buruk daripada *current state*. Misal dalam masalah minimisasi, cara efektif agar tidak terjebak ke dalam minimum lokal

2.3.1 Algoritma *Simulated Annealing* (SA)

Salah satu komponen dari algoritma SA adalah *annealing schedule*, yaitu jadwal pendinginan. Umumnya, SA mengasumsikan bahwa proses *annealing* akan terus terjadi hingga temperatur mencapai 0.

Tetapi, sebagian praktisi mengimplementasikan SA dengan cara lain, yaitu terus menurunkan temperatur hingga kondisi berhenti tertentu tercapai, misalnya ketika tidak ada perubahan pada *state* terbaik (*BEST-SO-FAR*) selama periode waktu tertentu (misal n -iterasi).

2.3.2 Komponen SA

SA memiliki empat komponen yang harus dirancang yang disebut jadwal pendinginan. Jadwal pendinginan merupakan komponen yang sangat kritis. Komponen ini terdiri dari : temperatur awal, temperatur akhir, penurunan temperatur dan jumlah iterasi pada setiap temperatur.

- **Temperatur Awal**

Secara intuitif, temperatur awal seharusnya cukup panas agar SA dapat memilih hampir semua *state* tetangga. Penentuan temperatur awal ini harus dilakukan secara hati-hati dan disesuaikan dengan masalah yang dihadapi.

Jika temperatur awal terlalu dingin, solusi akhir yang dihasilkan kemungkinan akan sama (atau sangat dekat) dengan solusi awal. Dengan kata lain, SA akan sama saja dengan *Hill Climbing* jika temperatur awal terlalu kecil, mendekati 0.

Sebaliknya, jika temperatur awal terlalu panas, pencarian dapat bergerak ke setiap *state* tetangga. Dalam kasus ini, SA akan sama saja dengan pencarian acak (*random search*) pada awal iterasi. Sedangkan pada iterasi berikutnya, pencarian akan mengarah menjadi *simulated annealing* ketika temperatur sudah cukup dingin.

Hingga saat ini belum ada metode yang secara akurat dapat menentukan temperatur awal untuk semua masalah. Tetapi beberapa pakar mengusulkan beragam cara berbeda, diantaranya adalah : jika kita mengetahui jarak maksimum (perbedaan fungsi biaya) antara satu tetangga dengan tetanga yang lain, maka kita dapat menggunakan informasi ini untuk menghitung temperatur awal.

Mulai dengan temperatur awal yang tinggi dan mendinginkannya secara cepat sehingga 60% *new states* yang lebih buruk dapat terpilih. Cara ini dapat menghasilkan temperatur awal yang sebenarnya dan selanjutnya temperatur tersebut dapat didinginkan secara lebih lambat.

Cara yang sama juga diusulkan oleh Dowsland dimana sistem dipanaskan secara cepat hingga solusi yang lebih buruk dapat terpilih secara proporsional (dalam porsi tertentu yang diinginkan) dan kemudian pendinginan yang pelan dapat dimulai. Hal ini sama dengan apa yang terjadi pada *physical annealing*, dimana materi dipanaskan hingga mencair dan kemudian pendinginan dimulai secara perlahan.

- **Temperatur Akhir**

Temperatur bisa saja dibuat terus menurun hingga mencapai 0. Tetapi, hal ini bisa membuat SA berjalan sangat lama, terutama ketika SA menggunakan *geometric cooling schedule*. Secara praktis, kita tidak perlu membiarkan temperatur mencapai 0 karena ketika temperatur mendekati 0, peluang untuk memilih *new state* yang lebih buruk hampir sama saja dengan ketika temperatur sudah sama dengan 0.

Oleh karena itu, kriteria berhenti (*stopping criteria*) dapat berupa temperatur yang sudah rendah (dalam batas tertentu) atau ketika sistem sudah “frozen” pada temperatur saat ini (tidak ada lagi *state* lain yang bisa dipilih).

- **Penurunan Temperatur**

Setelah kita menentukan temperatur awal dan akhir, selanjutnya kita harus menentukan bagaimana cara yang baik dalam proses penurunan temperatur

Ketiga, fungsi biaya sebaiknya dirancang sedemikian rupa sehingga fungsi tersebut dapat memandu proses pencarian. Hindari fungsi biaya yang menghasilkan nilai sama pada banyak *state*.

Banyak fungsi biaya yang bisa menentukan validitas suatu solusi dengan menggunakan batasan-batasan tertentu. Terdapat dua jenis batasan yang sering digunakan, yaitu :

- *Hard constraints* : batasan yang tidak boleh dilanggar. Misalnya, pada masalah penjadwalan kuliah, suatu jadwal yang valid adalah jadwal yang tidak terdapat bentrok dosen, kelas, mahasiswa atau ruangan. Bentrok dosen berarti seorang dosen mengajar dua atau lebih perkuliahan pada waktu yang sama.
- *Soft constraints* : batasan yang sebaiknya tidak dilanggar, tetapi jika batasan ini dilanggar, solusinya masih dianggap valid. Misalnya, pada penjadwalan kuliah, suatu jadwal masih dianggap valid meskipun terdapat seorang dosen yang diberikan jadwal empat pertemuan kuliah dalam sehari tanpa bentrok. Hal ini masih valid meskipun sebaiknya dihindari.

Untuk membangun fungsi biaya, kita dapat memberikan pembobotan (*weighting*). *Hard constraints* mungkin memberikan bobot yang besar sehingga solusi yang banyak melanggarnya akan memiliki fungsi biaya yang tinggi. Sedangkan *soft constraints* diberi bobot yang sesuai dengan tingkat kepentingannya.

Pembobotan juga bisa dilakukan secara dinamis sesuai dengan perkembangan proses pencarian. Misalkan, pada iterasi-iterasi awal *soft constraints* dengan tingkat kepentingan yang tinggi diberi bobot yang kecil agar banyak solusi yang bisa dieksplorasi. Tetapi pada iterasi selanjutnya, bobotnya dinaikan sehingga solusi yang melanggar *constraints* tersebut lebih banyak ditolak.

2.3.4 Struktur Ketetanggaan

Ketika melakukan proses pencarian, perpindahan dari satu *state* ke *state* yang lain sampai ditemukan solusi dilakukan dengan cara mendefinisikan suatu struktur ketetanggaan (*neighbourhood*). Dengan cara ini, kita dapat menentukan *state*

mana saja yang bisa dijangkau dari *state* saat ini. Untuk masalah penjadwalan kuliah, fungsi ketetanggaan dapat berupa penukaran jadwal pertemuan kuliah seorang dosen dari suatu slot waktu ke suatu slot waktu yang lain.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa struktur ketetanggaan sebaiknya simetris. Artinya jika kita bergerak dari suatu *state* i ke *state* j , maka kita juga bergerak dari *state* j ke *state* i . Selain itu kita juga perlu memperhatikan bahwa setiap *state* harus dapat dicapai dari setiap *state* yang lain.

2.3.5 Ruang Solusi (*Local Search*)

Jika ruang solusi (atau yang biasa disebut ruang pencarian) sangat sempit, maka proses pencarian akan lebih mudah karena tidak banyak *state* yang harus dieksplorasi. Semakin kecil ruang solusi, semakin sedikit pula jumlah iterasi yang diperlukan untuk konvergen pada solusi optimal.

Untuk mempersempit ruang solusi, kita dapat membatasi pencarian pada solusi yang valid saja. Selain itu struktur ketetanggaan juga dibuat sekecil mungkin. Hal ini bisa mempercepat pencarian, tetapi mungkin bisa mengakibatkan terbatasnya peningkatan kualitas solusi secara signifikan.

2.4 Penyusunan Model untuk *Multi Depot Transportation Problem with Split Service* (MDTPSS)

Pada penelitian ini permasalahan *Multi Depot Transportation Problem with Split Service* (MDTPSS) akan diselesaikan dengan menggunakan metode *Simulated Annealing*.

Dengan menggunakan SA, permasalahan akan ditentukan terlebih dahulu fungsi tujuannya untuk mendapatkan jarak optimal sehingga didapat biaya paling optimal dengan kendala-kendala yang ada. Kemudian persamaan fungsi tujuan dan kendala ini akan di-iterasi sehingga didapat solusi optimal dengan penentuan

jadwal pendinginan, fungsi biaya (fungsi biaya disini adalah fungsi jarak), struktur ketetangaan dan ruang solusi.

Untuk penyusunan model fungsi tujuan dan kendala dengan mengambil dari jurnal-jurnal yang telah disebutkan pada butir 2.1 dan 2.2, kemudian disesuaikan dengan permasalahan pada penelitian ini, didapat persamaan matematika sebagai berikut :

Fungsi tujuan :

Minimize z

$$= \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \sum_{m=1}^M d_{ij} \cdot x_{ijklm} \quad (2.5)$$

(Fungsi tujuan adalah untuk meminimalkan jarak distribusi LPG)

Dengan kendala :

$$\sum_i \sum_k \sum_l x_{ijklm} \leq 1 \quad \forall(j, m) \quad (2.6)$$

(menyatakan apabila *skidtank-k* trip ke-*l* berangkat dari Depot-*i* menuju SPBE-*j* pada *call* ke-*m*)

$$x_{ijklm} = x_{jklmi} \quad \forall(k, l, m) \quad (2.7)$$

(menyatakan semua *skidtank-k* trip ke-*l* yang berangkat dari Depot-*i* setelah mengirim LPG ke SPBE-*j* pada *call* ke-*m* harus langsung kembali lagi ke Depot-*i*)

dimana :

Konstanta :

- d_{ij} Jarak pengiriman dari Depot- i ke SPBE- j .
- f_j Frekuensi pengiriman LPG dari Depot- i ke SPBE- j .
- y_j Demand LPG pada SPBE- j .
- V_k Kecepatan skidtank- k .

Variabel :

- x_{ijklm} *Binary variable* = 1, jika skidtank- k trip ke- l mengirim LPG yang disalurkan Depot- i ke SPBE- j call ke- m .
- t_{ajklm} Waktu skidtank- k trip ke- l call ke- m tiba di SPBE- j .
- t_{bjklm} Waktu skidtank- k trip ke- l call ke- m berangkat dari SPBE- j .
- t_{cikl} Waktu skidtank- k trip ke- l tiba di Depot- i .
- t_{dikl} Waktu skidtank- k trip ke- l berangkat dari Depot- i .

BAB 3

PENGUMPULAN DATA

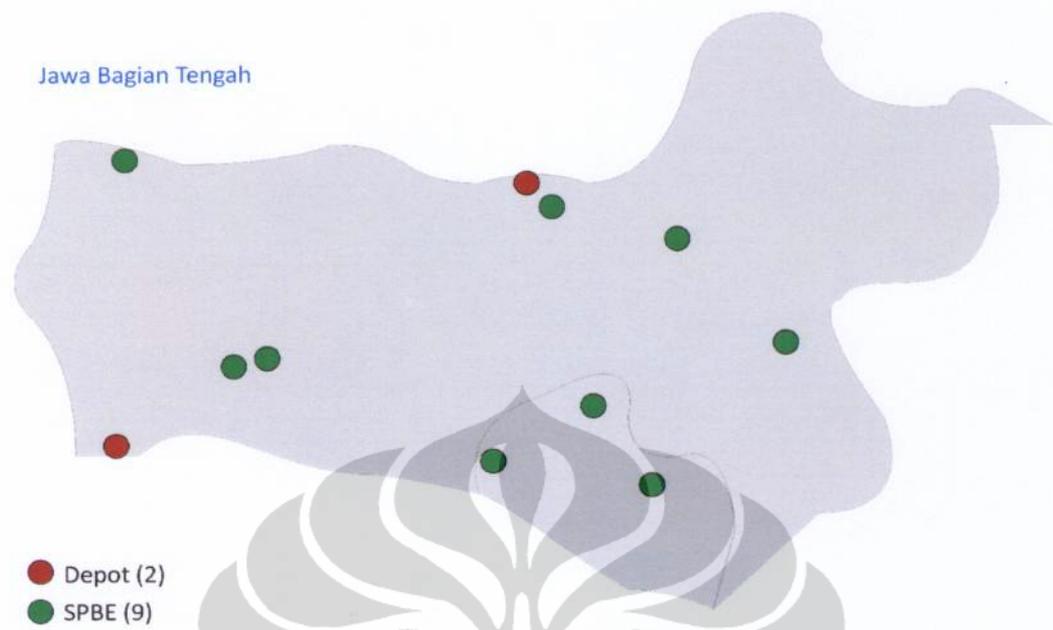
Dalam bab ini akan dijabarkan mengenai profil perusahaan, pengumpulan data dan parameter yang menyajikan seluruh data yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan, mulai dari data jumlah *skid tank*, kecepatan *skid tank*, kapasitas angkut *skid tank*, data waktu *loading* dan *unloading*, data biaya angkut, kemampuan pasok *supply point* (Depot), data permintaan (*demand*) SPBE serta data jarak antara Depot dengan SPBE

3.1 Profil Perusahaan

Pertamina sebagai BUMN yang ditugaskan oleh Pemerintah untuk menyalurkan LPG bersubsidi kepada masyarakat Indonesia memiliki Unit Bisnis yang menangani hal tersebut. Unit Bisnis LPG & Gas Products menangani penyaluran LPG 3 kg mulai dari perencanaan jalur distribusi sampai dengan pengadaan LPG itu sendiri dan menyalurkannya sampai ke masyarakat luas.

Walaupun pendistribusian Bahan Bakar Minyak dan LPG di Indonesia merupakan salah satu contoh *supply chain* yang paling rumit di dunia, dalam operasional penyaluran LPG yang melalui Kilang, Depot, Terminal, Stasiun Pengisian LPG hingga Agen-Agen LPG, Unit LPG & Gas Products melakukan kegiatan se-optimal dan se-efisien mungkin, sehingga sampai saat ini oleh kalangan pemerhati masalah distribusi minyak dan gas dinilai sangat baik. Namun Pertamina selalu membutuhkan optimasi-optimasi dalam berbagai hal untuk meningkatkan terus kinerja perusahaan.

Dalam penulisan kali ini kita akan lebih fokus pada jalur distribusi LPG antara *Supply Point* dalam hal ini Depot dan Kilang ke Stasiun Pengisian LPG yang di pasok oleh kendaraan truk *skid tank* PT. Patra Niaga di Pulau Jawa. Depot dan



Gambar 3.2 Sebaran Depot dan SPBE di Jawa bagian Tengah



Gambar 3.3 Sebaran Depot dan SPBE di Jawa bagian Timur

Pada Tabel 3.4 Data *Demand* per hari SPBE diatas ditampilkan data *demand* masing-masing SPBE yang dibutuhkan untuk menyalurkan LPG 3 kg.

Keseluruhan data-data diatas akan diolah menggunakan program dengan metode *Simulated Annealing*. Pengolahan data akan disajikan pada bab berikutnya.



BAB 4

PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai pengolahan data dengan memasukan data ke dalam persamaan matematika model fungsi tujuan dan kendala, kemudian diselesaikan dengan menggunakan metode *Simulated Annealing* yang dituangkan dalam program *excel* menggunakan bahasa pemrograman *Visual Basic Application*.

Dari hasil pengolahan data akan didapat hasil berupa jarak rute optimal pengiriman LPG dari Depot ke SPBE yang dikonversikan ke biaya dengan dikalikan dengan biaya angkut. Selanjutnya hasil tersebut akan dianalisa dan dibandingkan dengan biaya yang dikeluarkan untuk rute yang digunakan saat ini di lapangan, sehingga didapat besaran biaya yang dapat dihemat.

4.1 Pengolahan Data

Berdasarkan model MDTPSS seperti yang dijabarkan pada butir 2.4 Penyusunan Model untuk *Multi Depot Transportation Problem with Split Service* (MDTPSS), pengolahan data dilakukan dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* (SA) yang dijalankan menggunakan program Microsoft Excel dengan Visual Basic sebagai bahasa pemrograman. Pengolahan data ini dilakukan dengan mempertimbangkan total jarak rute pengiriman LPG dari Depot ke SPBE. Dari hasil total jarak minimum ini nantinya akan dikalikan dengan biaya angkut yang sebesar Rp. 835,00 per km per MT LPG yang diangkut untuk didapat besaran total biaya minimum untuk pengiriman LPG dari Depot ke SPBE.

4.1.1 Verifikasi dan Validasi Program

Sebelum menyelesaikan permasalahan optimasi rute distribusi dengan algoritma SA, maka terlebih dahulu dilakukan verifikasi dan validasi program. Verifikasi merupakan tahap untuk melihat kesesuaian program dengan konsep yang kita inginkan. Parameter program dikatakan telah terverifikasi apabila program tersebut berjalan sesuai dengan konsep, di mana terdapat perubahan total biaya. Apabila program yang dijalankan dengan mengubah-ubah parameter dan menghasilkan *output* yang berbeda-beda sesuai harapan, berarti program tersebut telah terverifikasi.

Tahap verifikasi dilakukan dengan mengubah-ubah parameter jumlah *local search*, Suhu Awal, Suhu Akhir dan jumlah iterasi.

Dengan mengubah-ubah parameter *local search* sedangkan parameter yang lain tetap, yaitu suhu awal 300, suhu akhir 10 dan jumlah iterasi 100 kali, diperoleh hasil semakin besar *local search*, maka total jarak semakin kecil.

Tabel 4.1 Hasil Verifikasi dengan Mengubah *Local Search*

Jumlah <i>Local Search</i>	Total Jarak (km)
10	22.660,5
20	20.251,9
30	19.883,3

Dengan mengubah-ubah parameter suhu akhir sedangkan parameter yang lain tetap, yaitu *local search* 30, suhu awal 300 dan jumlah iterasi 100 kali, diperoleh hasil semakin kecil suhu akhir, maka total jarak semakin kecil.

Tabel 4.2 Hasil Verifikasi dengan Mengubah Suhu Akhir

Suhu Akhir	Total Jarak (km)
10	19.117,7
50	19.844,9
100	20.061,7

Dengan mengubah-ubah parameter suhu awal sedangkan parameter yang lain tetap, yaitu *local search* 30, suhu akhir 10 dan jumlah iterasi 100 kali, diperoleh hasil semakin besar suhu awal, maka total jarak semakin kecil.

Tabel 4.3 Hasil Verifikasi dengan Mengubah Suhu Awal

Suhu Awal	Total Jarak (km)
100	21.301,3
200	19.655,4
300	19.117,7

Dengan mengubah-ubah parameter jumlah iterasi sedangkan parameter yang lain tetap, yaitu *local search* 30, suhu akhir 10 dan suhu awal 300, diperoleh hasil semakin besar jumlah iterasi, maka total jarak semakin kecil.

Tabel 4.4 Hasil Verifikasi dengan Mengubah Jumlah Iterasi

Jumlah Iterasi (kali)	Total Jarak (km)
100	19.883,3
1.000	16.377,3
2.000	14.571,2

Kemudian tahap validasi dilakukan dengan menggunakan cara perhitungan manual. Dengan jumlah pasokan dari Depot yang sangat besar, maka secara manual dapat dicari jarak yang paling kecil antara suatu SPBE dengan kedelapan Depot seperti yang ditampilkan pada Tabel 4.5 Pemilihan Depot Suplai secara Manual, dimana angka jarak yang ditebalkan merupakan jarak yang paling kecil antara SPBE tersebut dengan Depot tertentu dibanding dengan jaraknya dengan Depot yang lain. Dengan cara ini didapat total jarak minimum untuk pengiriman LPG sebesar 14.369,1 km. Besaran total jarak minimum yang dihitung secara manual tidak berbeda jauh dengan hasil perhitungan menggunakan program.

program tersebut sudah dapat menghasilkan total jarak minimum yang diharapkan.

4.1.2 Pengolahan Data dengan Metode *Simulated Annealing* (SA)

Selanjutnya dengan menggunakan program dilakukan perubahan-perubahan parameter jumlah *local search*, Suhu Awal, Suhu Akhir dan jumlah iterasi sampai didapatkan hasil total jarak pengiriman LPG yang paling optimal. Langkah-langkah yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Menentukan Parameter Algoritma

Parameter-parameter yang harus ditetapkan sebelum menjalankan program adalah parameter jumlah *local search*, Suhu Awal, Suhu Akhir dan jumlah iterasi. Penetapan parameter-parameter ini sangat berpengaruh terhadap hasil perhitungan.

- Memasukan Data Awal

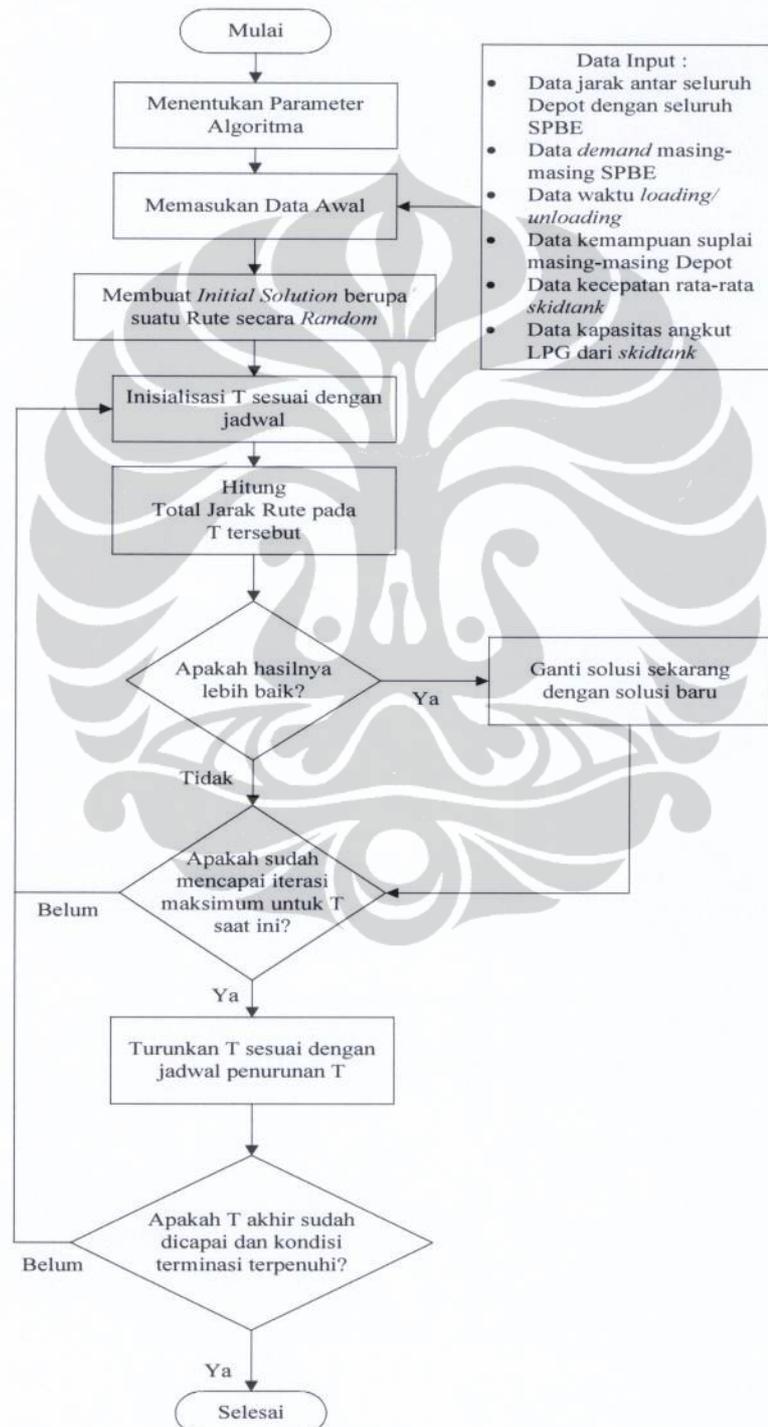
Data awal yang dibutuhkan untuk perhitungan dalam penelitian ini adalah data jarak antar seluruh Depot dengan seluruh SPBE, data *demand* masing-masing SPBE, data waktu *loading/unloading*, data kemampuan suplai masing-masing Depot, data kecepatan rata-rata dan kapasitas angkut LPG dari *skid tank*. Seluruh data tersebut dimasukkan ke dalam lembar kerja di program Microsoft Office Excel sesuai dengan aturan yang ditentukan.

- Tahap Pengerjaan

Langkah pengerjaan dengan menggunakan metode SA ditunjukkan dalam Gambar 4.1 Diagram Alir Pengerjaan Algoritma *Simulated Annealing* dibawah. Langkah pengerjaan ini bertujuan untuk mendapatkan hasil total jarak pengiriman LPG dari Depot ke SPBE yang paling optimal.

- Hasil Pengolahan Data dengan Metode SA

Hasil dari pengerjaan pengolahan data dengan menggunakan metode SA akan memberikan solusi rute pendistribusian LPG dari Depot ke SPBE yang paling optimal.



Gambar 4.1 Diagram Alir Pengerjaan Algoritma *Simulated Annealing*

Selain hal tersebut diatas, dalam melakukan perhitungan, penelitian ini juga mempertimbangkan dari sisi waktu yang dibutuhkan untuk melakukan perhitungan dalam pembuatan rute pengiriman LPG ini, dikarenakan perhitungan ini nantinya diharapkan akan digunakan dalam kegiatan pekerjaan sehari-hari. Dan perubahan kondisi di lapangan akan sangat besar kemungkinannya terjadi secara tiba-tiba, sehingga dibutuhkan penentuan rute pengiriman LPG yang baru dalam waktu singkat. Dengan melihat waktu yang dibutuhkan untuk menghitung rute pengiriman LPG pada penelitian ini yang membutuhkan waktu sekitar satu jam, hal ini masih relatif cukup cepat dengan hasil yang memuaskan dan sesuai dengan harapan.



BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

Setelah melihat penjabaran penelitian ini mulai dari Bab 1 sampai dengan Bab 4, maka dapat kita buat kesimpulan dari hasil penelitian yang didapat dan saran untuk penelitian lebih lanjut kedepannya.

5.1 Kesimpulan

Penggunaan metode *Simulated Annealing* dalam menyelesaikan permasalahan *Multi Depot Transportation Problem with Split Service* cukup efektif. Hal ini dapat dilihat dari hasil perhitungan yang memberikan rute pengiriman LPG Pertamina dari Depot ke Stasiun pengisian LPG 3 kg di Pulau Jawa yang lebih optimal dengan total jarak dan biaya angkut lebih kecil daripada rute pengiriman LPG dari Depot ke Stasiun pengisian LPG 3 kg di Pulau Jawa yang saat ini berjalan di lapangan.

Dengan mempertimbangkan waktu perhitungan yang dibutuhkan, kondisi yang paling optimal untuk mendapatkan hasil total jarak pengiriman LPG yang minimum pada penelitian ini, adalah dengan menetapkan parameter jumlah *local search* sebesar 30 kali, Suhu Awal 300, Suhu Akhir 10 dan jumlah iterasi sebanyak 5.000 kali. Dan didapat hasil total jarak pengiriman LPG yang minimum untuk penelitian ini sebesar 14.382,1 km dengan waktu perhitungan yang dibutuhkan selama 1 jam 2 menit 4 detik menggunakan komputer dengan spesifikasi Intel® Core™ 2 Duo @2,53GHz RAM 2,00 GB dan program Microsoft Office Excel 2007.

Melihat besaran total jarak rute pengiriman LPG dari Depot ke SPBE yang saat ini berjalan yang sebesar 15.135,9 km per hari dengan biaya sebesar Rp. 25.403.337.765,00 (dua puluh lima milyar empat ratus tiga juta tiga ratus tiga

puluh tujuh ribu tujuh ratus enam puluh lima rupiah), kemudian kita bandingkan dengan besaran total jarak rute pengiriman LPG dari Depot ke SPBE hasil perhitungan yang sebesar 14.382,1 km per hari dengan biaya sebesar Rp. 24.138.197.535,00 (dua puluh empat milyar seratus tiga puluh delapan juta seratus sembilan puluh tujuh ribu lima ratus tiga puluh lima rupiah). Maka, penghematan biaya yang didapat apabila hasil penelitian ini diterapkan adalah sebesar Rp. 1.265.140.230,00 (satu milyar dua ratus enam puluh lima juta seratus empat puluh ribu dua ratus tiga puluh) per hari, hasil perhitungan dari total jarak yang berkurang sebesar 753,8 km (4,98%) per hari.

5.2 Saran

Walaupun hasil dari penelitian ini cukup memuaskan, namun masih terdapat kemungkinan untuk lebih ditingkatkan. Misal dengan mencoba menyelesaikan permasalahan ini dengan metode yang lain agar waktu perhitungan yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang optimal lebih sedikit.

DAFTAR REFERENSI

- Ho, Sin C., & Haugland, Dag. (2002). *A Tabu Search for the Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries*. Department of Informatics University of Bergen, Norway.
- Klose, A., Speranza, M. G., & Wassenhove, Luk N. Van. (2002). *Quantitative Approaches to Distribution Logistics and Supply Chain Management*. Springer.
- Koulamas, C., Antony, S.R., & Jaen, R. (1993). A Survey of Simulated Annealing Applications to Operations Research Problems. *Omega, International Journal of Management and Science*. Vol. 22, No. 1, pp. 41 – 56.
- Nunkaew, W., & Phruksaphanrat, B. (2009, March). *A Multiobjective Programming for Transportation Problem with the Consideration of both Depot to Customer and Customer to Customer Relationships*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol. II. Hong Kong.
- Shapiro, Jeremy F. (2007). *Modeling the Supply Chain, Second Edition*. Thomson Brooks/Cole.
- Sombuntham, P., & Kachitvichayanukul, V. (2010, March). *A Particle Swarm Optimization Algorithm for Multi-depot Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery Requests*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2010 Vol. III. Hong Kong.
- Suyanto. (2010). *Algoritma Optimasi : Deterministik atau Probabilistik ?*. Graha Ilmu.
- Tavakkoli-Moghaddam, R., Safaei, N., Kah, M.M.O., & Rabbani, M. (2007). A New Capacitated Vehicle Routing Problem with Split Service for Minimizing Fleet Cost by Simulated Annealing. *Journal of the Franklin Institute*, 344, 406 – 425.

Lampiran 3

Contoh Tampilan Program Perhitungan

Excel ini merupakan sebuah penerapan algoritma Simulated Annealing untuk menyelesaikan permasalahan Transportasi

No	Data	Nilai
Data Problem		
1	Jumlah depot	8
2	Jumlah tujuan	54
3	Jumlah Kendaraan	101
4	Jumlah Produk	1
5	Maksimum Jumlah Tujuan dlm 1 trip	1
6	Biaya Jarak	835
7	Biaya Penalti unfulfilled demand	0
Data Algoritma		
8	Tingkat Penurunan Suhu	0,999
9	Suhu Awal	300
10	Suhu Akhir	10
11	Jumlah Local Search	30
Data Terminasi		
12	Jumlah Iterasi Maksimum	5000

RUN ALGORITHM

Gambar Lembar Kerja Data Umum

Total Biaya	29418,3											
Total Biaya Jarak	49.374.203.805,00											
Total Biaya Penalti	0											
Feasibility	FALSE											
JumlahTrip	133											
UrutanTujuanPola	46	20	18	52	21	21	36	22	17	19	30	36
UrutanSolusiDepotAwal	1	1	3	4	4	4	2	1	4	3	1	3
UrutanSolusiDepotAkhir	5	3	1	4	4	3	2	5	4	7	3	1
UrutanSolusiKendaraan	19	18	55	65	83	77	38	12	64	49	21	46
NomorTrip	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
KedatanganKendaraan	9,554285714	2,142857	8,828571	13,97143	9,708571	9,708571	6,445714	2,142857	9,457143	8,622857	8,362857	7,142857
MulaiDiDepot	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AkhirDiDepot	1	1	3	4	4	4	2	1	4	3	1	3
MulaiMelayani	9,554285714	2,142857	8,828571	13,97143	9,708571	10,70857	6,445714	2,142857	9,457143	8,622857	8,362857	7,445714
AkhirMelayani	10,55428571	3,142857	9,828571	14,97143	10,70857	11,70857	7,445714	3,142857	10,45714	9,622857	9,362857	8,445714
JarakTrip	299,4	40	204	349	199,8	199,8	155,6	40	191	196,8	257,7	145
JumlahTujuanTiapTrip	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
DemandTrip 1	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Depot	1	2	3	4	5	6	7	8				
DemandDepot 1	330	420	480	375	135	75	105	75				
Kapasitas Berlebih 1	8670	9580	9520	4785	9865	2425	7895	9925				

Gambar Lembar Kerja Solusi Awal

Lampiran 4

(Lanjutan)

2. Memasukan data waktu operasi, waktu *loading* dan *unloading*, apakah dibutuhkan pelayanan *split service* atau tidak, dan kapasitas *docking* dari Depot dan SPBE. Seluruh data ini dimasukan di dalam lembar kerja "DataTujuan".

Untuk data waktu operasi, karena dalam penelitian ini seluruh Depot dan SPBE dapat beroperasi 24 jam, maka di kolom awal *Time Windows* diisi angka 0 dan di kolom akhir *Time Windows* diisi angka 24. Apabila diinginkan ada waktu operasional tertentu, maka di kolom awal dan akhir *Time Windows* dapat diisi sesuai dengan kondisi yang diinginkan.

Untuk data waktu *loading* dan *unloading*, diisi sesuai dengan waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses tersebut. Dalam penelitian ini, waktu yang dibutuhkan untuk waktu *loading* dan *unloading* di seluruh lokasi adalah 1 jam, maka diisi di kolom waktu waktu *loading/unloading* angka 1 untuk semua lokasi.

Untuk data *split service*, kolom ini disediakan untuk memastikan bahwa kondisi *split service* dimungkinkan pada penelitian ini, sehingga seluruh kolom di seluruh lokasi diisi angka 1 yang berarti dimungkinkan pelayanan *split service*. Apabila tidak dilakukan *split service*, maka diisi angka 0 pada kolom lokasi terkait.

Untuk kapasitas *docking*, kolom ini memastikan bahwa lokasi dapat menerima kedatangan *skidtank*. Untuk kolom *docking* di seluruh depot diisi dengan angka total jumlah kendaraan yang digunakan. Sedangkan kolom *docking* di seluruh SPBE diisi angka 1, agar *skidtank* yang datang ke SPBE tidak terjadi penumpukan atau datang pada saat yang bersamaan.

Lampiran 4

(Lanjutan)

9. Berbagai data dan parameter dalam program ini dapat diubah-ubah sesuai keinginan untuk menghitung optimasi dengan menggunakan algoritma *Simulated Annealing* pada permasalahan yang akan dipecahkan oleh pengguna.

