



UNIVERSITAS INDONESIA

**OPTIMASI PENGIRIMAN BBM KE SPBU PADA KASUS
MULTI DEPOT DAN MULTI PRODUCT
DI SALES AREA BANDUNG**

TESIS

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik

**RAHMAN PRAMONO WIBOWO
0906578693**

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

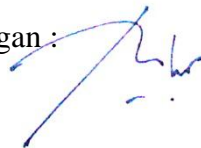
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Rahman Pramono Wibowo

NPM : 0906578693

Tanda Tangan :



Tanggal : 22 Juni 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh :

Nama : Rahman Pramono Wibowo
NPM : 0906578693
Program Studi : Teknik Industri
Judul Tesis : Optimasi Pengiriman BBM ke SPBU Pada Kasus Multi Depot Dan Multi Product Di Sales Area Bandung

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 : Ir. Isti Surjandari, Ph.D ()
Pembimbing 2 : Ir. Amar Rachman, MEIM ()
Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE. ()
Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, MSi ()
Penguji : Ir. Dendi P. Ishak, MSIE. ()

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal: 02 Juli 2011

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada ALLAH SWT, 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 Ir.Isti Surjandari, Ph.D selaku dosen pembimbing I tesis yang dengan segala kesabarannya telah memberi banyak masukan, bimbingan dan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.
2. Bapak Ir. Amar Rachman, MEIM selaku dosen pembimbing II dan dosen pembimbing akademis penulis selama kuliah di Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang telah memberikan banyak bimbingan, masukan dan dukungan dengan penuh kebijaksanaan dalam penyelesaian tesis ini.
3. Para dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan, saran dan arahan untuk membuat tesis ini menjadi lebih baik.
4. Bapak Hasto Wibowo dan Bapak Djumali selaku atasan, Bapak Wahyu Riyadi, Bapak Jackson Simanjuntak dan rekan-rekan kerja penulis di kantor, atas pengertian dan dukungannya
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. dr. Muming Astuti, Akhtar dan Razan, istri dan anak-anakku tersayang yang selalu memberikan doa dan dukungan.
7. Teman-teman kelas S2 Pertamina Salemba yang selalu mendukung dari awal hingga akhir perkuliahan.

8. 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, Juni 2011

Penulis



**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

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

Nama : Rahman Pramono Wibowo

NPM : 0906578693

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 :

**"Optimasi Pengiriman BBM ke SPBU Pada Kasus
Multi Depot Dan Multi Product Di Sales Area Bandung"**

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 : 22 Juni 2011

Yang menyatakan



(Rahman Pramono Wibowo)

ABSTRAK

Nama : Rahman Pramono Wibowo
Program Studi : Teknik Industri
Judul : Optimasi Pengiriman BBM ke SPBU Pada Kasus
Multi Depot Dan Multi Product Di Sales Area Bandung

Dengan terbitnya Undang-Undang Migas No 22 Th 2001, badan usaha swasta nasional dan asing telah dapat melakukan investasi di seluruh sektor usaha Minyak dan Gas Bumi. Untuk mengantisipasi persaingan bebas, Pertamina harus melakukan transformasi diseluruh sektor, khususnya dalam hal efisiensi biaya distribusi BBM ke SPBU. Untuk mengoptimalkan kegiatan distribusi tersebut diperlukan sistem perancangan rute dan penjadwalan pengiriman BBM harian ke SPBU. Permasalahan penentuan rute dan penjadwalan pengiriman BBM ke SPBU dapat dimodelkan sebagai *Petrol Station Replenishment Problem (PSRP)* dengan *multi depot, multi product, time window* dan *split deliveries*, yang dalam penelitian ini akan diselesaikan dengan algoritma *Tabu search*. Dengan menggunakan metode ini diharapkan *output* dari penelitian ini adalah penentuan rute dan penjadwalan pengiriman BBM ke SPBU yang optimal.

Kata kunci :
rute, penjadwalan, pengiriman BBM, *PSRP*, *Tabu Search*.

ABSTRACT

Name : Rahman Pramono Wibowo
Study Program : Industrial Engineering
Title : Optimization of a Multi-Depot and Multi-Product Fuel
Delivery Problem in Bandung

With the publication of Oil and Gas Regulation No. 22 in the year of 2001, national and foreign private enterprises has been able to invest in all sectors of Oil and Gas. In order to anticipate free competition market, Pertamina must perform the transformation throughout the sector, particularly in terms of cost efficiency of fuel distribution to retail outlets. A design of routes and scheduling daily delivery of fuel to gas stations is required to optimize the distribution system. The problem of delivering fuel to the gas station would be devined as *Petrol Station Replenishment Problem (PSRP)* with the *multi-depot, multi-product, time windows* and *split deliveries*, which in this study will be resoved using *Tabu Search Algorithm*. With the using of this method, it is expected to produce an optimal route and scheduling system of depot to gas station fuel delivery.

Key words:
routes, scheduling, fuel delivery, *PSRP*, *Tabu Search*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERSETUJUAN	Error! Bookmark not defined.
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 I. PENDAHULUAN	1
1.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN	1
1.2. DIAGRAM KETERKAITAN PERMASALAHAN	4
1.3. PERUMUSAN PERMASALAH.....	5
1.4. TUJUAN PENELITIAN	5
1.5. PEMBATASAN MASALAH	5
1.6. METODOLOGI PENELITIAN	6
1.7. SISTEMATIKA PENULISAN	7
BAB II. DASAR TEORI	9
2.1. VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP).....	9
2.2. VEHICLE ROUTING AND SCHEDULING (VRS).....	11
2.3. PETROL STATION REPLENISHMENT PROBLEM (P.S.R.P)	12
2.4. ALGORITMA PENYELESAIAN	12
2.4.1. Solusi Eksak.....	12
2.4.2. Heuristik.....	13
2.4.3. Meta-Heuristik	14
2.5. ALGORITMA TABU SEARCH.....	14
2.5.1. Pengertian Umum	14
2.6.2. Penggunaan Memori	15
2.6.3. Intensifikasi dan Diversifikasi	16
2.6.4. Tabu Search pada VRP	17
2.6.5. Prosedur Umum Algoritma Tabu Search pada VRP	21
2.6.6. Perkembangan Penelitian Tabu Search.....	23
BAB III. PENGUMPULAN DATA	25
3.1. PROFIL PERUSAHAAN.....	25
3.2. AKTIVITAS PEMASARAN	27
3.2.1. Alur Suplai BBM	27
3.2.2. Proses Pemesanan BBM dan Kegiatan Distribusi	27
3.3. STUDI KASUS	30

3.3.1. Kondisi Wilayah Kerja	30
3.3.2. Pemenuhan Kebutuhan Data.....	31
BAB IV. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL	38
4.1. PEMBUATAN MODEL MATEMATIS	38
4.1.1. Asumsi-Asumsi.....	39
4.1.2. Formulasi Model Matematis	40
4.2. PENYUSUNAN ALGORITMA	43
4.2.1. Penetapan Parameter Kontrol	44
4.2.2. Langkah-Langkah Algoritma di Dalam Program Aplikasi	48
4.2.3. Verifikasi dan Validasi Program.....	51
4.3. PENGOLAHAN DATA	53
4.3.1. Inisialisasi Skenario VRP	53
4.3.2. Input Data.....	53
4.3.3. Eksekusi Program Algoritma.....	58
4.3.4. Rekapitulasi Data.....	59
4.4. ANALISA HASIL KOMPUTASI.....	60
4.4.1. Analisa Algoritma.....	60
4.4.2. Analisa Parameter	61
4.4.3. Analisa Program.....	61
4.4.4. Analisa Hasil Optimasi Proses Pendistribusian BBM ..	62
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	65
5.1. KESIMPULAN.....	65
5.2. SARAN DAN USULAN PERBAIKAN	65
DAFTAR REFERENSI	67
LAMPIRAN.....	70

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1	Diagram Keterkaitan Masalah	4
Gambar 1.2	Metodologi Penelitian.....	6
Gambar 2.1	Last Trial Move pada 1-interchnage mechanism.....	18
Gambar 2.2	Insert move pada 2-Consecutive node interchange.....	19
Gambar 2.3	Algoritma Tabu Search.....	22
Gambar 2.4	Flowchart pengerjaan Tabu Search pada VRP.....	23
Gambar 3.1	Jalur Distribusi BBM Dalam Negeri Melalui Transportasi Laut.....	27
Gambar 3.2	Kondisi Eksisting Pemesanan dan Distribusi BBM.....	28
Gambar 3.3	Wilayah Kerja Sales Area Bandung.....	31
Gambar 3.4	Sebaran Lokasi SPBU di Sales Area Bandung.....	34
Gambar 4.1	Framework Penyusunan Model Matematis.....	38
Gambar 4.2	Grafik Biaya Distribusi Hasil Percobaan Dengan Berbagai Nilai Jumlah Solusi Tetangga.....	45
Gambar 4.3	Grafik Biaya Distribusi Hasil Percobaan Dengan Berbagai Nilai Panjang Tabu List.....	46
Gambar 4.4	Grafik Biaya Distribusi dan Waktu komputasi dengan berbagai Nilai Jumlah Iterasi Maksimum.....	48
Gambar 4.5	Diagram Alir Optimasi Menggunakan Algoritma Tabu Search..	50
Gambar 4.6	Format Tampilan data Umum.....	54
Gambar 4.7	Format Tampilan Matriks Jarak.....	55
Gambar 4.8	Format tampilan Data Tujuan / SPBU.....	55
Gambar 4.9	Format Tampilan Data Permintaan BBM.....	56
Gambar 4.10	Format Tampilan Data Kendaraan.....	57
Gambar 4.11	Format Tampilan Data Kendaraan Tujuan.....	57
Gambar 4.12	Format Tampilan Solusi Akhir Hasil Proses Komputasi.....	58

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1	Kapasitas Tangki Timbun dan Volume Daily of Take.....	32
Tabel 3.2	Data Ketersediaan dan Komposisi Armada Mobil Tangki.....	35
Tabel 3.3	Perhitungan Fixed Cost dan Variable Cost dalam Pendistribusian BBM.....	36
Tabel 3.4	Data Matriks Jarak.....	37.
Tabel 4.1	Hasil Percobaan Jumlah Solusi Tetangga.....	45
Tabel 4.2	Hasil Percobaan Panjang Tabu List.....	46
Tabel 4.3	Hasil Percobaan Jumlah Iterasi.....	47
Tabel 4.4	Data Dummy Pada Proses Validasi.....	52
Tabel 4.5	Random Initial Solution pada Proses Validasi.....	52
Tabel 4.6	Proses Perhitungan Manual dengan 5 Iterasi pada Proses Validasi.....	53
Tabel 4.7	Rekapitulasi Hasil Pengolahan Data.....	59
Tabel 4.8	Penjadwalan Kendaraan Hasil Output Program.....	59
Tabel 4.9	Perbandingan Jarak Tempuh dan Jumlah Trip Antara Kondisi Eksisting dengan Hasil Optimasi.....	63
Tabel 4.10	Perbandingan Biaya Total Distribusi.....	63
Tabel 4.11	Komparasi Hasil Penggunaan Kendaraan <i>dedicated-product</i> vs. Penggunaan Kendaraan <i>multi-product</i>	64

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Daftar SPBU Sales Area Bandung.....	71
Lampiran 2	<i>Source Code</i> Program.....	78
Lampiran 3	Pengecekan Pemenuhan Permintaan SPBU.....	106
Lampiran 4	Penugasan Trip Pengiriman BBM.....	108
Lampiran 5	Pengecekan Rute Trip Kendaraan.....	112
Lampiran 6	Penjadwalan Pengiriman BBM per SPBU.....	114



BAB I. PENDAHULUAN

Penelitian yang disajikan dalam bentuk tesis ini akan memfokuskan pada pembahasan mengenai penentuan rute pengiriman BBM dari Depot Supply Point ke SPBU di wilayah Pertamina Fuel Retail Marketing - Sales Area Bandung yang meliputi sepuluh wilayah Kabupaten/Kota di Jawa Barat. Seiring dengan perkembangan perekonomian masyarakat dan perluasan pembangunan di seluruh sektor, distribusi BBM menjadi suatu tantangan yang semakin kompleks. Hal ini telah melatarbelakangi munculnya ide-ide yang bertujuan untuk meningkatkan unjuk kerja dan efisiensi pada kegiatan distribusi BBM yang salah satunya akan dituangkan dalam penelitian ini.

Untuk mempermudah pemahaman terhadap alur penelitian, pada bab ini disampaikan mengenai latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan permasalahan, rumusan permasalahan, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, metodologi penelitian dan sistematika penulisan

1.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Dalam kurun waktu 10 tahun terakhir, industri Minyak dan gas Bumi di Indonesia telah mengalami banyak perubahan. Setelah sekian lama menjadi satu-satunya perusahaan nasional bergerak pada sektor hilir minyak dan gas bumi yang diijinkan beroperasi di Indonesia, maka pada tahun 2001, Pertamina telah dihadapkan pada kenyataan dibukanya regulasi kegiatan usaha di sektor hilir minyak dan gas bumi bagi perusahaan-perusahaan swasta lainnya, baik dari dalam maupun luar negeri. Ketika UU No 8 tahun 1971 masih berlaku, Pertamina merupakan sebuah perusahaan yang memonopoli kegiatan usaha minyak dan gas bumi. Sehingga pada saat itu seluruh kegiatan usaha minyak dan gas bumi nasional menjadi hak Pertamina untuk melakukan pengelolaan sekaligus menjadi tanggung jawab Pertamina selaku pengemban tugas *Public Service Obligation (PSO)* di sektor BBM bersubsidi.

Namun, ketika era globalisasi dimulai, sejalan dengan rencana pasar bebas tahun 2003 (AFTA) saat itu, dan digantikannya UU No 8 tahun 1971 tersebut

dengan UU Migas No. 22 tahun 2001, Pertamina bukan lagi satu-satunya pelaku pasar di sektor hilir di bidang migas. Pertamina hanyalah merupakan pelaku bisnis sama seperti perusahaan migas yang lain. Indonesia telah membuka pasarnya terhadap perusahaan migas, baik dalam maupun luar negeri. Dan Pertamina menghadapi dunia persaingan usaha yang sesungguhnya di negeri sendiri.

Salah satu kegiatan usaha Pertamina di sektor hilir yang sudah harus menghadapi persaingan usaha di Indonesia adalah industri ritail BBM. Sejak diberlakukannya UU Migas tahun 2001 tersebut, di beberapa tempat strategis di kota-kota besar Indonesia telah berdiri SPBU non Pertamina.

SPBU merupakan prasarana umum yang dipergunakan masyarakat untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak (BBM) di sektor otomotif, yaitu jenis *Gasoline RON 88, RON 92 dan RON 95* serta *Gas oil cetane-48 dan cetane-53*. Di SPBU Pertamina, jenis-jenis BBM tersebut lebih dikenal dengan merk Premium, Pertamina, Pertamina Plus, Solar dan Pertamina DEX.

SPBU dipandang Pertamina sebagai agen perusahaan dalam mendistribusikan produk BBM dan memegang peranan penting sebagai distributor sekaligus *flag carrier* yang menentukan baik atau buruknya pencitraan Pertamina di mata masyarakat. Karena SPBU adalah ujung dari pemasaran BBM di sektor otomotif, yang langsung bersentuhan dengan pelanggan akhir (*end customer*), maka peningkatan pelayanan dan kehandalan operasional SPBU merupakan prioritas utama Pertamina untuk meningkatkan *competitiveness level*. Salah satu hal yang menjadi prioritas tersebut adalah kontinuitas suplai atau ketersediaan BBM di SPBU.

Di sisi lain, seiring dengan munculnya kompetitor pasca dibukanya regulasi kegiatan usaha Migas serta terjadinya fluktuasi ekstrim pada harga crude oil, Pertamina semakin mendapat tekanan dari Pemerintah untuk melakukan efisiensi khususnya pada biaya distribusi BBM Bersubsidi (*Public Service Obligation / PSO*).

Untuk mengantisipasi turbulensi kondisi market BBM dan penugasan dari *stake-holder* tersebut, Pertamina memerlukan *instant breakthrough project* yang

dapat menekan biaya-biaya khususnya biaya distribusi BBM dengan tanpa mengurangi *service level*.

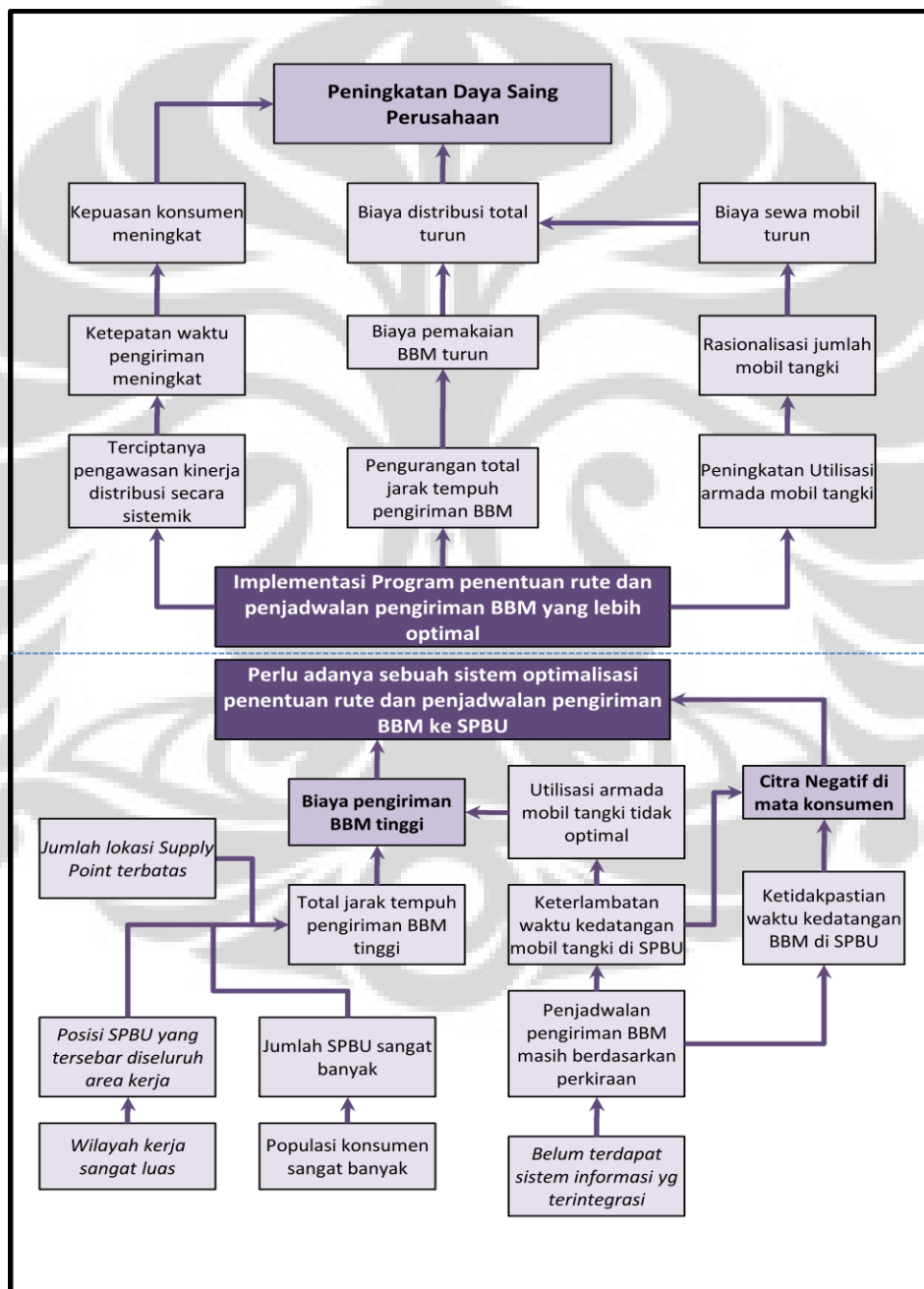
Dalam hal distribusi, Pertamina telah melakukan berbagai upaya untuk efisiensi biaya distribusi BBM agar memiliki daya saing yang tinggi. Salah satunya dengan menerapkan sistem sewa dalam pengelolaan mobil tangki pengangkut BBM. Jadi dalam hal ini Pertamina menyewa mobil tangki dari pihak ketiga, untuk selanjutnya dioperasikan oleh Pertamina melalui anak perusahaan PT Patra Niaga. Jumlah mobil yang disewa diupayakan seminimal mungkin dengan memaksimalkan pemanfaatan mobil tangki. Namun upaya efisiensi ini tidak diikuti dengan sistem pengelolaan manajemen transportasi yang baik. Seringkali ditemui di lapangan SPBU mengalami keterlambatan pengiriman BBM yang mengakibatkan kekosongan stok di SPBU. Hal ini menimbulkan ketidakpuasan pihak SPBU atas pelayanan pengiriman BBM yang diberikan oleh Pertamina melalui PT Patra Niaga. Dari sisi eksternal, kejadian kekosongan SPBU akibat keterlambatan pengiriman BBM ini berdampak sangat besar terhadap tingkat kepuasan pelanggan, mengingat SPBU merupakan salah satu sarana pelayanan umum yang sangat vital perannya dalam mendukung roda perekonomian masyarakat. Lebih jauh lagi, kejadian tersebut mengakibatkan turunnya citra Pertamina di mata masyarakat sehingga dikhawatirkan masyarakat akan berpindah membeli BBM ke perusahaan asing lainnya yang mampu memberikan pelayanan yang lebih baik.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, Pertamina mutlak perlu melakukan pembenahan manajemen pendistribusian BBM agar performansi pengiriman BBM ke depan lebih baik. Salah satu poin penting dalam manajemen pendistribusian BBM adalah bagaimana Pertamina dapat menentukan rute mobil tangki yang optimal dalam melaksanakan pengiriman BBM serta mengatur penjadwalan mobil tangki yang ada agar dapat memenuhi semua permintaan pengiriman BBM setiap harinya. Selama ini pengiriman BBM lebih banyak dilakukan berdasarkan pengalaman sebelumnya dari pihak distribusi dan Patra Niaga. Belum lagi faktor manusia yang masih berperan dalam menentukan prioritas pengiriman, sehingga berakibat pada tidak terkirim atau terlambatnya pengiriman BBM ke SPBU tertentu. Untuk dapat mencapai efisiensi aktivitas

pendistribusian BBM ini, pencarian solusi yang tepat atas permasalahan diatas sangat perlu dilakukan sehingga dapat diperoleh penghematan total biaya distribusi. Cara yang tepat adalah melakukan optimasi.

1.2. DIAGRAM KETERKAITAN PERMASALAHAN

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini dapat dilihat dalam diagram keterkaitan pada gambar berikut :



Gambar 1.1. Diagram Keterkaitan Masalah

1.3. PERUMUSAN PERMASALAH

Permasalahan yang dijadikan fokus pada penelitian ini adalah bagaimana membangun suatu sistem penentuan rute dan penjadwalan pengiriman BBM dari Depot supply point ke SPBU dengan tujuan untuk mendapatkan rute yang optimal sehingga biaya distribusi BBM secara total dapat ditekan secara efisien.

Untuk memfokuskan pembahasan, penelitian ini akan mengambil *real-life case* disuatu area tertentu yang dapat diambil sebagai sample untuk merepresentasikan kegiatan distribusi BBM secara umum.

Saat ini, dalam melakukan kegiatan distribusi BBM dari depot ke SPBU, Pertamina didukung oleh anak perusahaan dalam hal ini PT Patra Niaga untuk melakukan pengelolaan kegiatan pengiriman BBM dengan armada mobil tangki yang sebagian besar merupakan mobil sewa. Sehingga analisa hasil penelitian akan difokuskan pada peningkatan efektifitas rute pengiriman dan utilisasi armada mobil tangki dengan tujuan untuk menekan biaya distribusi total.

1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini meminimalkan biaya distribusi total dengan membangun sebuah sistem penjadwalan dan rute distribusi yang optimal yang dapat memenuhi segala kendala / *constraint* yang terjadi, serta dapat meningkatkan efisiensi penjadwalan dan pengiriman BBM dari Depot ke SPBU Pertamina dengan menggunakan algoritma *Tabu Search for the Vehicle Routing Problem* dengan : *time windows, multi depot, multi produk, split deliveries dan split cargo*.

1.5. PEMBATAAN MASALAH

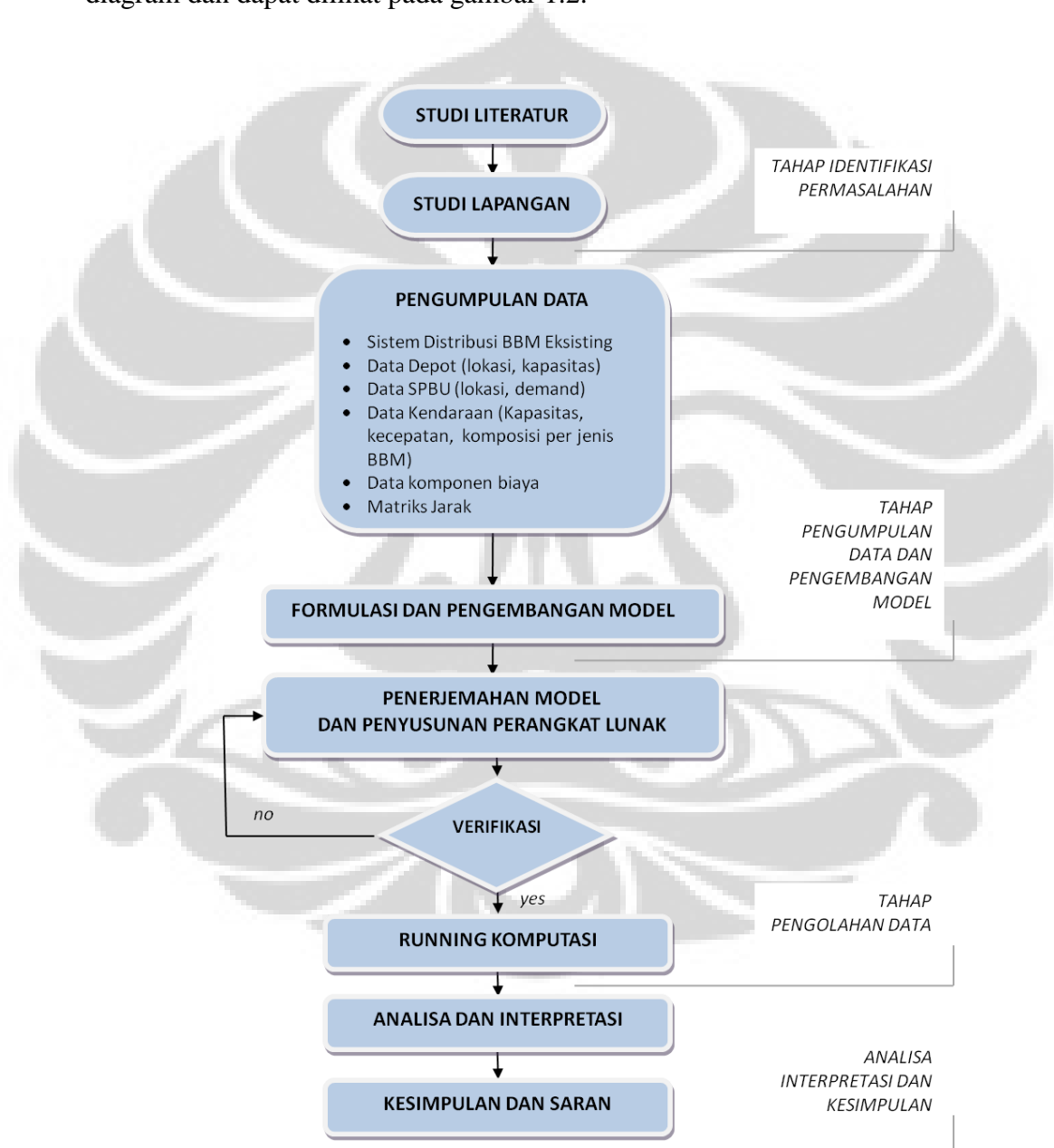
Batasan masalah dari penelitian ini digunakan agar masalah yang diteliti lebih terarah dan terfokus sehingga penelitian dapat dilakukan sesuai dengan apa yang direncanakan dan memberikan hasil yang optimal. Batasan masalah yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

- Studi kasus pengiriman BBM dari dua depot ke 208 SPBU
- Penelitian dilakukan di PT Pertamina (Persero) - Fuel Retail Marketing di wilayah Sales Area Bandung

- Penjadwalan pengiriman dilakukan setiap hari mengacu pada permintaan / *demand* dari SPBU
- Produk BBM yang dibahas adalah Premium dan Solar

1.6. METODOLOGI PENELITIAN

Metodologi yang dipergunakan dalam penelitian ini digambarkan dalam diagram dan dapat dilihat pada gambar 1.2.



Gambar 1.2. Metodologi Penelitian

1.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika yang dipergunakan dalam penulisan penelitian ini mengikuti aturan standar baku penulisan tesis. Penulisan tesis ini dibuat dalam lima bab yang memberikan gambaran sistematis sejak awal penelitian hingga tercapainya tujuan penelitian

Dalam melakukan penelitian, pertama kali adalah menceritakan latar belakang pemilihan topik penelitian tesis ini. Selanjutnya membuat diagram keterkaitan masalah untuk melihat akar permasalahan sebagai suatu sistem yang memiliki sub sistem yang saling berhubungan. Diagram Keterkaitan Masalah di sini menjelaskan perlunya suatu sistem informasi pengiriman untuk menentukan jadwal dan rute distribusi yang dapat meningkatkan efisiensi penjadwalan dan pengiriman. Setelah menjelaskan latar belakang permasalahan, selanjutnya menguraikan tujuan penelitian dan manfaat yang diperoleh melalui studi penelitian dengan batasan-batasan penelitian agar fokus pada penelitian. Kemudian menjelaskan Metodologi Penelitian dan Sistematika Penulisan Laporan yang menggambarkan langkah – langkah proses penelitian agar mudah bagi pembaca dalam memahami hasil penelitian ini.

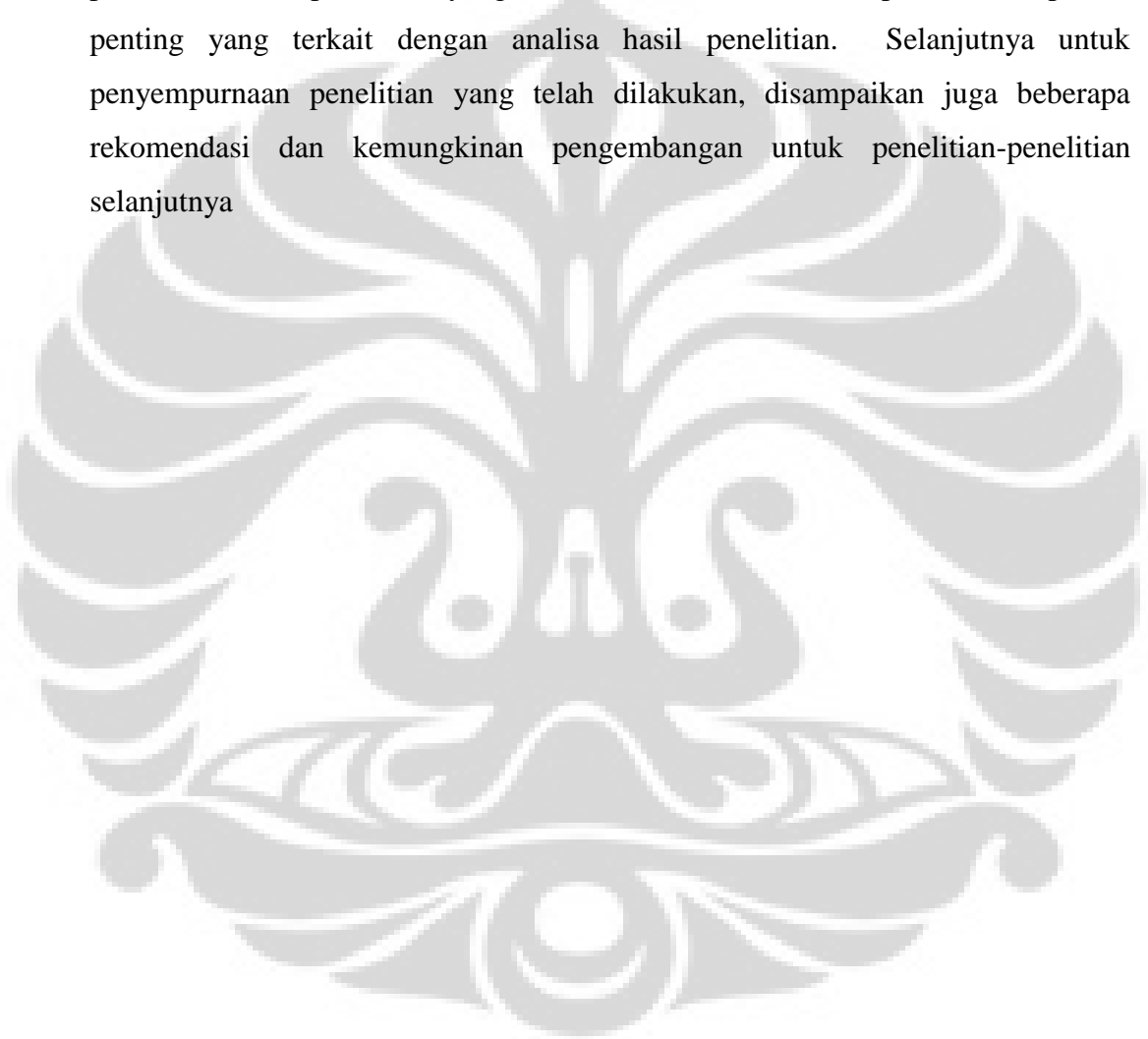
Bab II merupakan landasan teori yang digunakan dalam penelitian meliputi permasalahan penjadwalan pengiriman dan penyusunan rute distribusi. Secara umum pembahasan difokuskan pada VRP mulai dari definisi umum dan modelnya, teknik pencarian solusi melalui algoritma eksak heuristik dan metaheuristik. Dalam hal ini pembahasan mendalam diutamakan mengenai metode *tabu search* sebagai salah satu metaheuristik.

Proses pengumpulan dan pengolahan data dilakukan pada bab III. Pada bab ini berisi tentang keadaan penjadwalan dan pengiriman saat ini serta karakteristik data yang dibutuhkan baik data untuk penyusunan jadwal pengiriman maupun data untuk dijadikan parameter pencapaian tujuan.

Bab IV adalah pengolahan data dan analisis. Sistem pemesanan dan pengiriman diperoleh dengan melakukan penghitungan terhadap jumlah permintaan pelanggan, kapasitas mobil tangki, serta rata-rata konsumsi oleh pelanggan per hari. Setelah berhasil disusun jadwal pengiriman maka data tersebut

akan dimasukkan dalam *software Visual Basic for Application (VBA) Microsoft Excel 2007* dengan metode *tabu search* guna memperoleh rute distribusi yang optimal menghasilkan jarak tempuh total terpendek. Analisa dilakukan untuk membandingkan proses pengiriman yang diterapkan sekarang dengan proses hasil penelitian.

Di dalam bab terakhir yaitu bab V, akan ditarik kesimpulan dari seluruh proses di dalam penelitian yang telah dilakukan serta disampaikan beberapa hal penting yang terkait dengan analisa hasil penelitian. Selanjutnya untuk penyempurnaan penelitian yang telah dilakukan, disampaikan juga beberapa rekomendasi dan kemungkinan pengembangan untuk penelitian-penelitian selanjutnya



BAB II. DASAR TEORI

2.1. VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP)

Logistik mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap biaya dan keputusan suatu perusahaan, logistik juga berpengaruh untuk menghasilkan level pelayanan kepada konsumen yang berbeda-beda. Tujuan akhir manajemen logistik adalah mendapatkan sejumlah barang atau jasa yang tepat pada tempat dan waktu yang tepat, serta kondisi yang diinginkan dengan memberikan kontribusi terbesar bagi perusahaan¹.

Untuk mencapai tujuan akhir manajemen logistik, diperlukanlah suatu sistem distribusi produk yang :

- Memastikan bahwa produk yang tersedia pada waktu dan jumlah yang tepat sesuai permintaan konsumen
- Memiliki kualitas yang terjamin
- Memperhatikan tingkat keselamatan dalam pendistribusiannya.

Suatu perusahaan harus dapat mengoptimalkan sistem distribusinya agar dapat bersaing dengan perusahaan sejenis lainnya. Salah satu caranya adalah dengan pengoptimalan transportasi. Salah satu permasalahan dalam transportasi adalah *Vehicle Routing Problems* (VRP) yaitu merancang m set rute kendaraan dengan biaya rendah dimana tiap kendaraan berawal dan berakhir di depot, setiap konsumen hanya dilayani sekali oleh sebuah kendaraan, serta total permintaan yang dibawa tidak melebihi kapasitas kendaraan. Transportasi ini memberikan kontribusi biaya 1/3 sampai 2/3 dari total biaya distribusi¹.

Vehicle routing problems (VRP), pertama kali dikenalkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959. VRP ini memegang peranan penting pada manajemen distribusi dan telah menjadi salah satu permasalahan dalam optimalisasi kombinasi yang dipelajari secara luas. VRP merupakan manajemen distribusi barang yang memperhatikan pelayanan, periode waktu tertentu, sekelompok konsumen dengan sejumlah kendaraan yang berlokasi pada satu atau lebih depot yang dijalankan oleh sekelompok pengemudi, menggunakan *road network* yang sesuai. Solusi dari sebuah VRP yaitu menentukan sejumlah rute,

yang masing-masing dilayani oleh suatu kendaraan yang berasal dan berakhir pada depotnya, sehingga kebutuhan pelanggan terpenuhi, semua permasalahan operasional terselesaikan dan biaya transportasi secara umum diminimalkan.

Karakteristik konsumen dalam VRP:

- Menempatkan *road graph* dimana konsumen berada
- Adanya *demand* dalam berbagai tipe dan harus diantarkan ke tempat konsumen
- Terdapat periode waktu (*time window*) dimana konsumen dapat dilayani
- Waktu yang dibutuhkan untuk mengantarkan barang ke lokasi konsumen (*loading time*), hal tersebut dapat berhubungan dengan jenis kendaraan
- Sekelompok kendaraan tersedia digunakan untuk melayani konsumen

Terdapat empat tujuan umum VRP¹, yaitu :

- Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan
- Meminimalkan jumlah kendaraan (atau pengemudi) yang dibutuhkan untuk melayani semua konsumen
- Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan
- Meminimalkan penalti akibat *service* yang kurang memuaskan dari konsumen

Menurut Toth dan Vigo (2002) ditemukan variasi permasalahan utama VRP yaitu:

- Setiap kendaraan memiliki kapasitas yang terbatas (*Capacitated VRP-CVRP*)
- Setiap konsumen harus dikirim barang dalam waktu tertentu (*VRP with time windows-VRPTW*)
- Vendor menggunakan banyak depot untuk mengirim konsumen (*Multiple Depot VRP – MDVRP*)
- Konsumen dapat mengembalikan barang-barang kembali ke depot (*VRP with pick up and delivering – VRPPD*)

¹ Toth and Vigo, 2002

² Ronald h Ballou dan Yogesh K Agarwal.” A Performance Comparison of Several Popular Algorithms for Vehicle Routing and Scheduling”. *Journal of Business Logistics*

- Konsumen dilayani dengan menggunakan kendaraan yang berbeda-beda (*Split Delivery VRP – SDVRP*)
- Beberapa besaran (seperti jumlah konsumen, jumlah permintaan, waktu melayani dan waktu perjalanan)
- Pengiriman dilakukan dalam periode waktu tertentu (*Periodic VRP-PVRP*)

2.2. VEHICLE ROUTING AND SCHEDULING (VRS)

Vehicle routing and scheduling merupakan perluasan dari *vehicle routing problem*. Beberapa batasan yang realistis yang termasuk didalamnya adalah sebagai berikut¹ :

1. Dalam setiap titik pemberhentian, ada sejumlah volume yang diambil dan dikirim.
2. Beragam kendaraan kemungkinan digunakan, disebabkan karena beragam batasan kapasitas pengangkutan.
3. Maksimum total waktu kerja operator kendaraan untuk melakukan pengiriman sebelum periode istirahat selama kurang lebih 8 jam.
4. Titik pemberhentian (konsumen) hanya memperbolehkan pengiriman dan/atau pengambilan produk pada waktu tertentu (disebut : *time windows*).
5. Pengambilan hanya boleh dilakukan setelah dilakukan pengiriman.
6. Operator kendaraan diperbolehkan istirahat atau makan siang pada waktu tertentu.

Beberapa batasan diatas menambah kompleksitas masalah *routing* ini dan mempersulit kita dalam pemilihan solusi yang paling optimal. Solusi yang paling optimal dapat diperoleh dengan cara menerapkan beberapa panduan untuk menghasilkan *routing* dan *scheduling* yang baik atau beberapa prosedur *logical heuristic* dengan pertimbangan kendaraan memulai perjalanan dari pabrik (depot), menuju ke beberapa titik pemberhentian (stop) untuk melakukan pengiriman, dan kembali ke pabrik (depot) pada hari yang sama.

Metode Pemecahan Masalah Vehicle Routing

Permasalahan untuk mendapatkan hasil solusi yang optimal dari pemecahan VRP (*Vehicle Routing Problems*) menjadi bertambah jika terdapat penambahan kendala (*constraint*) pada kasus yang harus diselesaikan. Kendala-kendala tersebut antara lain batasan waktu (*time window*), jenis kendaraan angkut yang berbeda-beda kapasitas angkutnya, total waktu maksimum operator kendaraan melakukan pengiriman, hambatan-hambatan yang di perjalanan, waktu istirahat operator kendaraan ketika melakukan pengiriman dan lain sebagainya. Dari banyak pendekatan untuk memecahkan masalah VRP terdapat dua metode yang paling umum digunakan yaitu *sweep method* dan *savings method*. Kedua metode tersebut merupakan teknik pemecahan VRP secara *heuristic*.

2.3. PETROL STATION REPLENISHMENT PROBLEM (P.S.R.P)

Petrol Station Replenishment Problem juga merupakan pengembangan dari VRP dan memiliki kesamaan dengan Vehicle Routing and Scheduling namun terdapat beberapa kendala khusus yang hanya terdapat dalam kasus pengangkutan BBM dari depot supply point ke SPBU, yaitu :

1. Volume bongkar produk terbagi menjadi beberapa kompartemen yang jumlah dan kapasitasnya sangat tergantung dengan ukuran mobil tangki. Dengan demikian pembongkaran BBM minimum adalah sebesar volume dalam salah satu kompartemen di mobil tangki tersebut.
2. Demand yang sangat fluktuatif, sehingga penjadwalan hanya dapat dilakukan secara harian, bahkan dalam kondisi-kondisi tertentu penjadwalan tersebut harus direvisi mengingat memungkinkan terjadinya permintaan di hari yang sama dengan penyaluran.

2.4. ALGORITMA PENYELESAIAN

Pada dasarnya , terdapat tiga macam penyelesaian pada kasus Vehicle Routing Problem, yaitu :

2.4.1. Solusi Eksak

Pada solusi eksak dilakukan pendekatan dengan menghitung setiap solusi yang mungkin sampai satu terbaik dapat diperoleh. *Branch and bound* dan *branch and cut* merupakan contoh dari penyelesaian eksak.

2.4.2. Heuristik

Metode Heuristik memberikan suatu cara untuk menyelesaikan permasalahan optimasi yang lebih sulit dan dengan kualitas dan waktu penyelesaian yang lebih cepat daripada solusi eksak. Contoh metode heuristik antara lain: Saving Based, Matching based, Multiroute improvement *heuristic*, dll

Sweep Method

Sweep method adalah metode yang sederhana dalam perhitungannya, bahkan untuk memecahkan masalah dengan ukuran yang cukup besar. Keakuratan metode ini rata-rata kesalahan perhitungannya adalah sebesar 10 persen²

Keakuratan metode ini adalah pada cara pembuatan jalur rutenya. Prosesnya terdiri dari dua tahap, pertama titik pemberhentian ditentukan untuk kendaraan yang ada. Tahap kedua adalah menentukan urutan titik pemberhentian pada rute. Karena melibatkan dua tahapan proses maka total waktu dalam suatu rute dan batasan waktu tidak dapat ditangani dengan baik oleh metode ini.

Metode ini termasuk di dalam jenis metode *cluster* atau pengelompokkan, yang mana pengelompokkan awal dilakukan dengan menggabungkan perhentian-perhentian yang setiap kelompok mengakomodasi volume masing-masing perhentian. Volume total perhentian dari satu *cluster* mungkin akan melebihi kapasitas kendaraan karenanya beberapa perhentian dipindahkan ke kendaraan yang kapasitasnya belum penuh. Relokasi seperti ini dilakukan dengan menggunakan metode transportasi *linear programming*.

Yang menarik dari metode ini adalah perhentian dikelompokkan berdasarkan kedekatan dan logikanya akan menghasilkan jarak total yang rendah. Ketika volume *cluster* melebihi kapasitas kendaraan realokasi perhentian ke *cluster* lain dilakukan untuk mendapatkan keseimbangan optimum di antara *cluster*. Karena pengelompokkan terpisah dari

² Ronald h Ballou dan Yogesh K Agarwal." A Performance Comparison of Several Popular Algorithms for Vehicle Routing and Scheduling". *Journal of Business Logistics* 9, no.1.1998: 51-65

pengurutan (*sequencing*), kendala waktu tidak dapat diselesaikan menggunakan metode ini.

2.4.3. Meta-Heuristik

Meta-Heuristik, adalah suatu metode untuk melakukan eksplorasi yang lebih dalam pada daerah yang menjanjikan dari ruang solusi yang ada. Kualitas solusi yang dihasilkan dari metode ini jauh lebih baik daripada yang didapat heuristik klasik. Contoh metaheuristik adalah *genetic algorithm*, *simulated annealing*, *tabu search*, *ant colony system* dsb.

2.5. ALGORITMA TABU SEARCH

2.5.1. Pengertian Umum

Kata tabu atau *taboo* berasal dari bahasa Tongan yaitu salah satu bahasa Polynesia yang digunakan oleh penduduk pribumi dari pulau Tonga untuk mengungkapkan sesuatu yang tidak boleh disentuh karena merupakan sesuatu yang keramat³. Menurut kamus Webster juga berarti “ sebuah larangan yang diturunkan secara sosial sebagai mekanisme protektif ”atau sesuatu yang dilarang sebab mengandung resiko. Resiko yang dihindari dalam hal ini adalah hal yang kontra produktif.

Lebih rinci lagi, tabu search berdasarkan premis yang bersifat *problem solving* atau memecahkan masalah, untuk dikualifikasikan cerdas, harus menyertakan *adaptive memory* dan *responsive exploration*. Fitur *adaptive memory* dan *responsive exploration* dalam TS membuat implementasi prosedur yang dapat melakukan pencarian berbagai solusi secara ekonomis dan efektif. Karena pilihan-pilihan lokal dipandu dengan informasi yang dikumpulkan selama pencarian tabu search sangat berbeda dibandingkan dengan pola tanpa memori (*memoriless*) yang sangat bergantung pada proses semi acak yang mengimplementasikan sebuah bentuk sampling. Contoh dari metode tanpa memori adalah *heuristic greedy*, dan pendekatan *annealing* dan *genetic* terinspirasi oleh metafor

³ Glover, Fred and Manuel Laguna, 1997, *Tabu search*

fisika dan biologi. *Adaptive memory* juga berbeda dengan desain memori yang kaku pada algoritma *branch and bound*.

Upaya untuk melakukan eksplorasi responsif dalam *tabu search*, baik itu implementasi *deterministic* atau *probabilistic*, berasal dari pemahaman bahwa suatu pilihan strategi yang buruk dapat menghasilkan informasi yang lebih banyak dibandingkan suatu pilihan acak yang baik. Dalam suatu sistem yang menggunakan memori sebuah pilihan buruk yang berdasarkan strategi dapat memberikan petunjuk yang bermanfaat tentang bagaimana strategi tersebut dapat diubah menjadi lebih baik.

Responsive exploration mengintegrasikan prinsip-prinsip dasar dari intelligence search, seperti memanfaatkan fitur solusi yang baik saat menjelajahi area baru yang menjanjikan. Tabu search memperhatikan pencarian cara baru yang lebih efektif dalam memperoleh keuntungan dari mekanisme yang berhubungan dengan *adaptive memory* dan *responsive exploration*. Pengembangan pola baru dan kombinasi-kombinasi strategi membuat tabu suatu area yang luas untuk penelitian dan studi empiris.

2.6.2. Penggunaan Memori

Struktur memori dlm tabu search beroperasi atas referensi empat dimensi utama yaitu referensi *frequency*, *quality*, dan *influence*. Dimensi *quality* mengacu pada kemampuan untuk membedakan kelebihan dari solusi-solusi yang dikunjungi selama pencarian. Pada konteks tersebut, memori dapat digunakan untuk mengidentifikasi elemen-elemen yang umum tentang solusi yang baik atau tentang jalan yang membawa kepada solusi tersebut. Pada prakteknya, *quality* menjadi landasan untuk pembelajaran berbasis intensif, dimana penghargaan diberikan untuk meningkatkan tindakan yang menghasilkan solusi yang baik, dan penalti diberikan untuk menghindari tindakan-tindakan yang menyebabkan solusi yang buruk. Fleksibilitas dari struktur memori tersebut memungkinkan pencarian untuk diarahkan dalam suatu lingkungan *multi objektif*, dimana kebaikan dari suatu arah pencarian tertentu dapat ditentukan oleh lebih dari satu fungsi. Konsep *quality* dari tabu search lebih luas dibandingkan dengan metode optimisasi standard.

Memori yang digunakan dalam tabu search bersifat eksplisit dan juga atributif. Memori eksplisit merekam seluruh solusi, terutama terdiri dari solusi penting yang dikunjungi selama pencarian. Suatu perluasan dari memori ini merekam solusi penting yang sangat atraktif namun merupakan solusi tetangga yang belum tereksplorasi.

Sebagai alternatif, tabu search menggunakan memori atributif untuk tujuan sebagai panduan. Jenis memori ini merekam informasi tentang atribut-atribut solusi yang mengalami perubahan dalam proses perpindahan dari satu solusi ke solusi yang lain. Sebagai contoh, dalam suatu grafik atau jaringan, atribut dapat terdiri dari nodes atau arah yang ditambahkan, dihilangkan atau direposisi dengan mekanisme perpindahan. Dalam penjadwalan produksi, daftar digunakan sebagai atribut untuk mencegah atau mendorong metode untuk mengikuti arah pencarian tertentu

2.6.3. Intensifikasi dan Diversifikasi

Dua komponen yang sangat penting dari tabu search adalah strategi intensifikasi dan diversifikasi. Strategi intensifikasi berdasarkan modifikasi aturan-aturan pilihan untuk memacu kombinasi pergerakan dan fitur-fitur solusi yang terbukti baik. Ini juga berarti mulainya pencarian daerah yang menarik secara lebih menyeluruh. Karena solusi elit harus dicatat untuk mencari solusi-solusi tetangga, memori eksplisit sangat berhubungan dengan implementasi dari strategi intensifikasi. Perbedaan utama antara intensifikasi dan diversifikasi adalah bahwa selama masa intensifikasi pencarian difokuskan pada pemeriksaan untuk solusi elit.

Strategi intensifikasi membutuhkan cara untuk mengidentifikasi suatu set solusi elit sebagai dasar untuk menggabungkan atribut-atribut yang baik menjadi solusi yang baru. Keanggotaan dalam suatu set elit sering ditentukan dengan menentukan ambang batas yang dihubungkan dengan nilai fungsi objektif dari solusi terbaik yang ditemukan selama pencarian.

2.6.4. Tabu Search pada VRP

Tabu search adalah salah satu metode yang tergabung dalam satu kelas yang disebut *meta-heuristic*⁴. Metode *Tabu search* ini terbukti sukses dalam memecahkan permasalahan kombinatorial terkait dengan masalah optimasi.

Dasar dari TS *meta-heuristic* adalah dengan menggunakan strategi pengawalan yang agresif untuk memotong prosedur pencarian lokal untuk membawa keluar eksplorasi dari himpunan solusi dalam rangka menghindari keterjebakan dalam *local optima*. Ketika *local optima* ditemui, strategi agresif bergerak ke solusi terbaik di setiap tetangga walaupun mungkin akan mengakibatkan penurunan dalam nilai tujuan.

Untuk menghindari pencarian ke tempat yang baru saja diperoleh, TS menggunakan struktur memori untuk menyimpan atribut dari solusi yang diterima yang baru saja ditemui dalam *tabu list*. Atribut yang disimpan dalam *tabu list* disebut *tabu-active*, dan solusi-solusi yang memiliki elemen *tabu active* dikatakan sebagai *tabu*. Sebuah atribut tetap *tabu active* selama durasi *tt*, dikenal sebagai *tabu tenure* sebelum ini dibuat tidak *tabu active*. Algoritma TS melanjutkan pencariannya sampai iterasi tertentu sebelum ini diakhiri.

TS *meta-heuristic* membutuhkan :

- Solusi awal
- Mekanisme pembentukan solusi tetangga
- Data management structure
- Set komponen untuk algoritma TS

2.6.4.1. Solusi Awal

Solusi awal yang digunakan untuk algoritma TS adalah solusi dari kelas yang lebih rendah dalam hal ini dapat melalui pendekatan

⁴ Osman IH (1995), An introduction to meta-heuristic. In: Lawrence M and Wilsdon C (eds). *Operational Research Society Tutorial*. Operational Research Society : Birmingham, pp 92-122

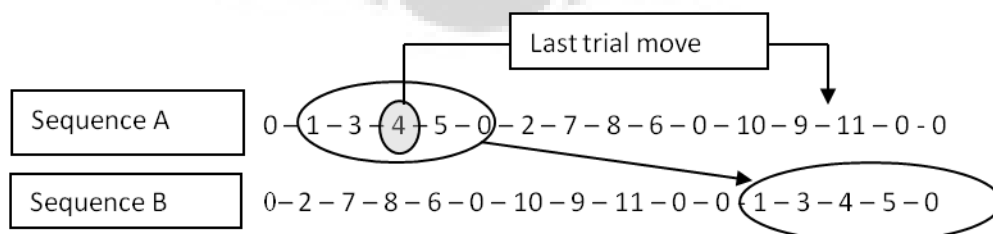
eksak ataupun metode heuristik. Prosedur VRP digunakan untuk mendapatkan solusi awal secara cepat dan selanjutnya diperbaiki menggunakan algoritma TS. Untuk setiap kendaraan tipe t , beberapa solusi dihasilkan. Kemudian dipilih solusi awal terbaik dengan mempertimbangkan semua jenis kendaraan yang ada. Kendaraan yang berbeda-beda diatur untuk sekelompok rute terbaik dalam solusi awal untuk menurunkan biaya tetap total dan biaya variabel.

2.6.4.2. Mekanisme Pembentukan Solusi Tetangga

Anggap $S = \{R_1, \dots, R_p, \dots, R_v\}$ adalah merupakan solusi MFVRP dimana v adalah jumlah total kendaraan dari seluruh jenis. Mekanisme pembentukan solusi tetangga menentukan suatu set operator yang dapat diaplikasikan pada S untuk menghasilkan *move* ke solusi S' yang lain sebagai tetangga S , $N(S)$. Untuk implementasinya diadopsi mekanisme λ -interchange oleh Osman untuk masalah *routing* dan *grouping*. Misalkan sepasang rute (R_p, R_q) dalam S , λ -interchange yang dapat digunakan adalah:

- **1-interchange mechanism**

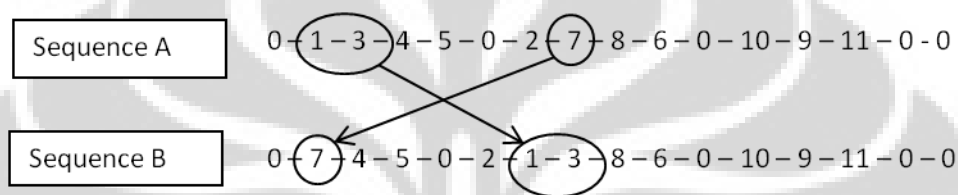
Proses ini memiliki dua mekanisme yaitu proses pindah (*shift*) dan proses tukar (*exchange*). Proses pindah berdasarkan operator (1,0) dan (0,1), sedangkan proses tukar berdasarkan operator (1,1). Operator pindah (1,0) memindahkan satu konsumen dari rute R_p ke R_q sedangkan operator pindah (0,1) memindahkan satu konsumen dari rute R_q ke R_p . Operator (1,1) menukar masing-masing satu konsumen dari rute R_p ke R_q secara serentak.



Gambar 2.1. Last trial move pada 1-interchange mechanism

- **2-Consecutive node interchange mechanism**

Mekanisme ini menggunakan semua operator pada 1-*interchange mechanism* ditambah operator pindah (2,0) dan (0,2) dan operator tukar (2,1), (1,2) dan (2,2). Cara kerja operator-operator tersebut sama dengan pada 1-*interchange mechanism* hanya saja jumlah konsumen yang dipindahkan atau dipertukarkan berbeda. Pada operator tambahan tadi yang berpindah atau dipertukarkan sebanyak dua konsumen, yang mana dua konsumen tersebut berurutan atau tidak berurutan.



Gambar 2.2. Insert move pada 2-Consecutive node interchange mechanism

2.6.4.3. Data Management Structure

Untuk meningkatkan kecepatan heuristik dikembangkan sebuah struktur management data untuk merekam jarak masing-masing *route delivery*, permintaan, dan kendaraan yang dialokasikan. Ketika sebuah solusi tetangga dibentuk dengan satu *move* tetangga, hanya dua dari rute yang terlibat yang diitung ulang.

2.6.4.4. Komponen Tabu Search

- *Tabu list*

Tabu list adalah memori jangka pendek yang digunakan untuk menyimpan beberapa atribut dari *move* yang sedang dilakukan untuk menentukan status tabu di *move* selanjutnya.

- *Tabu restriction*

Tabu restriction adalah kriteria untuk menentukan status *move* yang tabu. Ada beberapa arahan yang dapat digunakan untuk membuat *tabu restriction* ini. Misalnya untuk mekanisme 2-consecutive node

interchange, *move* dikatakan tabu jika konsumen i dan j dan konsumen l dan s kembali ke rute semulanya.

- *Aspiration criteria*

Aspiration criteria mengesampingkan status tabu dari sebuah *move* yang merupakan tabu-active dan membuat *move* tersebut diizinkan jika *move* tersebut menghasilkan solusi terbaik baru.

- *Stopping rule*

Merupakan aturan atau kriteria untuk menghentikan seluruh proses *tabu search*.

- Skema *tabu tenure*

Tabu tenure adalah durasi suatu atribut dikatakan *tabu active*, setelah melewati nilai *tabu tenure* ini maka atribut tersebut tidak lagi *tabu active*. Skema yang digunakan untuk melakukan kontrol *tabu tenure* adalah :

- Skema *Fixed TS* (F-tabu)

Merupakan cara yang paling pertama dikenal dan digunakan yaitu menerapkan nilai tt selama proses.

- Skema *Robust TS* (Rb-tabu)

Menggunakan nilai tt secara acak pada kisaran tertentu. Selama pencarian nilai tt secara periodik berubah setelah melakukan sebanyak m iterasi. Nilai m pun diambil secara acak.

- Skema *Periodic TS* (P-tabu)

Menerapkan nilai tt yang berubah secara periodic dari nilai yang kecil, sedang hingga besar. Perubahan tersebut dilakukan setelah melakukan iterasi sebanyak m iterasi.

- Skema *Reversed deterministic TS* (Rd-tabu)

Merupakan skema baru yang diusulkan dengan mekanisme mengubah dan membalikkan nilai tt selama pencarian. Skema ini diawali dari penggunaan beberapa nilai tt yang tetap yang

sebelumnya telah ditentukan, dimana $tt = n/p$ dan nilai p diambil dari kisaran 2 hingga 7. Skema Rd-tabu secara dinamis mengubah nilai tt selama proses pencarian. Nilai tt diambil dari perhitungan dengan membagi jumlah konsumen (n) dengan suatu nilai p , setelah iterasi sejumlah m , yaitu $tt = n/p$ dan $m = T_{itr}/n \times p$, T_{itr} adalah jumlah total iterasi yang harus diselesaikan selama pencarian. Pada awal pencarian, nilai p adalah 9 lalu diturunkan satu setelah melakukan iterasi sejumlah m . Setelah mencapai nilai 1, lalu nilai p diulang lagi dari 9, proses berlanjut hingga pencarian dihentikan. Dengan cara ini kita dapat melakukan kontrol terhadap proses diversifikasi dengan memberikan nilai p yang kecil, dan melakukan kontrol terhadap proses intensifikasi dengan memberikan nilai p yang besar.

2.6.5. Prosedur Umum Algoritma Tabu Search pada VRP

i. Menentukan solusi awal

- Solusi awal diperoleh dari hasil pengolahan data dengan algoritma *saving based*.
- Tentukan $S_{best} = S$, $C_{itr} = 0$ (*current iteration counter*)

ii. Inisialisasi *Tabu search*

- Tentukan skema tabu tenure serta nilai untuk tiap parameter nya.
- Tentukan jumlah total iterasi T_{itr} , dan $B_{itr} = 0$ (*best iteration counter*)
- Matrik tabu list diset nol

iii. Lakukan iterasi

- Lakukan *move* untuk membuat solusi tetangga, dan pilih solusi S' terbaik yang diizinkan dari daftar kandidat.
- Tentukan solusi saat ini (*current solution*) S menjadi S' , $C_{itr} = C_{itr} + 1$
- Lakukan heuristik *2-opt* untuk memperbaiki urutan dalam rute tersebut

iv. Perbaharui skema *tabu search*

- Perbaharui daftar dalam *tabu list*
- Perbaharui komponen skema *tabu tenure* jika diperlukan

v. Perbaharui solusi baru

- Jika $C(S) < C(S_{best})$, maka tentukan $S_{best} = S$ dan $B_{itr} = C_{itr}$

vi. Penghentian

- Jika $C_{itr} = T_{itr}$ maka , pencarian dihentikan, laporkan S_{best} dan Bst_{itr} , jika tidak kembali ke langkah 3

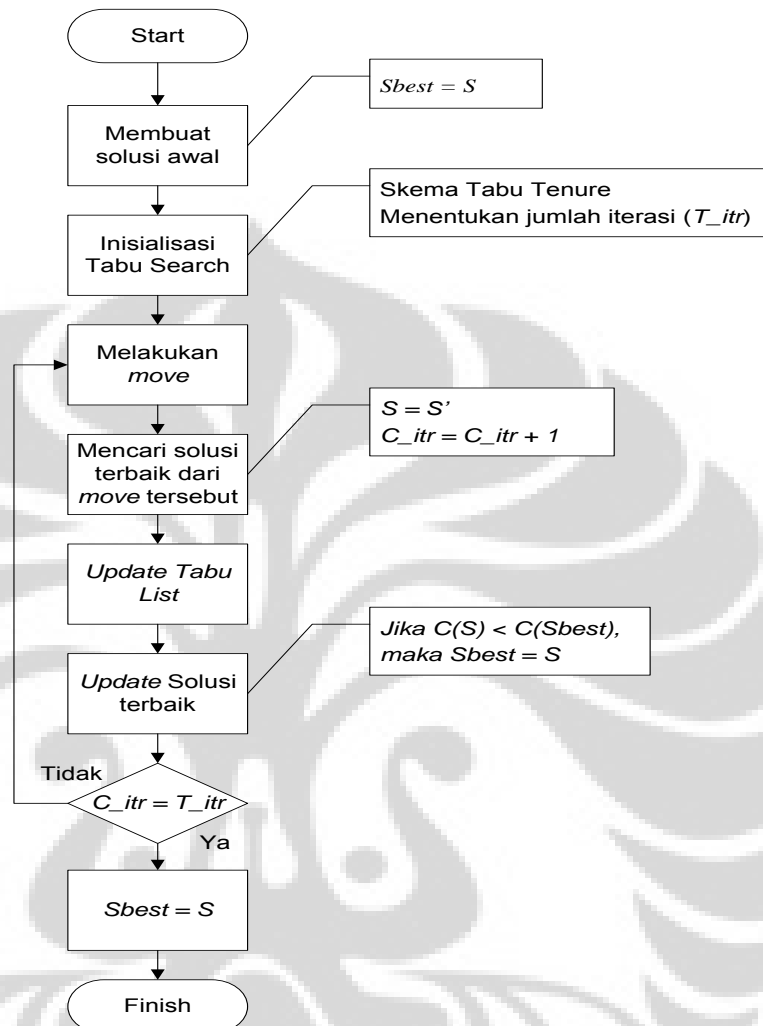
Berikut ini ditampilkan prosedur umum Algoritma dalam bahasa pemrograman Pascal.

```
begin
  {Buat solusi awal s yang feasibel dengan
  menggunakan suatu metode heuristik tertentu atau
  secara acak}
  best := cost(s);
  s* := s; {s* adalah solusi terbaik yang
  diperoleh}
  tabu_list := null;
  repeat
  Candidate(s) := (s' ∈ N(s): merupakan move
  dari s ke s' yang tidak tergolong elemen dari
  tabulist
  atau memenuhi kriteria aspirasi);
  (pilih s ∈ Candidate(s): s adalah solusi yang
  memiliki nilai cost minimum );
  (simpan move yang berlawanan ke dalam tabulist,
  yaitu yang mengubah s ke s);
  s := s;
  if (cost(s) < best) then
  s* := s;
  best := cost(s);
  until (stopping-criteria = TRUE);
  return(s*);
end;
```

Gambar 2.3. Algoritma *Tabu Search*

(Sumber : Algoritma Optimasi: Deterministik atau Probabilistik, Suyanto)

Adapun Flowchart Algoritma Tabu Search dapat digambarkan sebagai berikut :



Gambar.2.4. Flowchart pengerjaan *Tabu Search* pada VRP

2.6.6. Perkembangan Penelitian Tabu Search

Saat ini sebagian besar riset *tabu search* membahas berbagai teknik yang membuat pencarian lebih efektif, diantaranya adalah:

- Metode pembangkitan solusi awal yang lebih baik. Hal ini untuk memperbaiki kualitas solusi awal yang jika dibangkitkan secara acak cenderung buruk.
- Metode eksploitasi yang lebih baik terhadap informasi yang tersedia selama pencarian
- Operator-operator ketetanggaan yang lebih baik

- Strategi pencarian paralel

Beragam teknik perbaikan tersebut bisa meningkatkan performansi *tabu search* secara signifikan. Banyak teknik perbaikan yang mengandalkan *elite solutions*, yaitu solusi-solusi terbaik pada generasi sebelumnya atau bagian-bagian solusi tersebut untuk membuat solusi baru. Metode lainnya adalah *Reactive Tabu Search* yang diusulkan Battiti dan Tecchiolli⁵ berhasil menemukan cara-cara yang bisa menghindari optimum lokal yang sudah pernah dikunjungi.

Tabu search juga bisa digabungkan dengan metode optimasi lain sehingga dihasilkan *hybrid system*. Beberapa diantaranya adalah :

- *Tabu Search* yang digabungkan dengan *Genetic Algorithm*
- *Tabu Search* yang digabungkan dengan *Constraint Programming*
- *Tabu Search* yang digabungkan dengan *Column Generation*
- *Tabu Search* yang digabungkan dengan teknik-teknik *Integer Programming*

Riset *tabu search* juga mulai mengarah ke aplikasi-aplikasi yang lebih luas dan baru, diantaranya adalah : optimasi kontinyu, *multi-criteria optimization*, *stochastic programming*, *mixed integer programming*, *real time decision problems*, dan sebagainya.

⁵ Battiti, R. And G. Tecchiolli. 1994. *The Reactive tabu Search*, ORSA Journal on Computing 6, 126 – 140.

BAB III. PENGUMPULAN DATA

3.1. PROFIL PERUSAHAAN

PT PERTAMINA (Persero) adalah perusahaan minyak dan gas bumi yang dimiliki Pemerintah Indonesia (National Oil Company), yang berdiri sejak tanggal 10 Desember 1957 dengan nama PT PERMINA. Pada tahun 1961 perusahaan ini berganti nama menjadi PN PERMINA dan setelah merger dengan PN PERTAMIN di tahun 1968 namanya berubah menjadi PN PERTAMINA. Dengan bergulirnya Undang Undang No. 8 Tahun 1971 sebutan perusahaan menjadi PERTAMINA. Sebutan ini tetap dipakai setelah PERTAMINA berubah status hukumnya menjadi PT PERTAMINA (PERSERO) pada tanggal 17 September 2003 berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 22 tahun 2001 pada tanggal 23 November 2001 tentang Minyak dan Gas Bumi.

Sebagai Badan Usaha Milik Negara, kegiatan usaha yang dilakukan oleh Pertamina adalah sebagai berikut :

1. Menyelenggarakan usaha di bidang minyak dan gas bumi beserta hasil olahan dan turunannya.
2. Menyelenggarakan kegiatan usaha di bidang panas bumi yang ada pada saat pendiriannya, termasuk Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP) yang telah mencapai tahap akhir negosiasi dan berhasil menjadi milik Perseroan.
3. Melaksanakan pengusahaan dan pemasaran Liquified Natural Gas (LNG) dan produk lain yang dihasilkan dari kilang LNG.
4. Menyelenggarakan kegiatan usaha lain yang terkait atau menunjang kegiatan usaha sebagaimana dimaksud dalam nomor 1, 2, dan 3.

Sesuai dengan ketentuan dalam Undang-Undang MIGAS baru, Pertamina tidak lagi menjadi satu-satunya perusahaan yang memonopoli industri MIGAS dimana kegiatan usaha minyak dan gas bumi diserahkan kepada mekanisme pasar.

Kegiatan hulu Pertamina meliputi eksplorasi dan produksi minyak, gas dan panas bumi. Wilayah operasi Pertamina Ekspolasi & Produksi (PEP) dibagi dalam tiga *region* yaitu: *region* Sumatera, *region* Jawa, dan *region* Kawasan Timur Indonesia (KTI). *Region* Sumatera meliputi: lapangan Rantau, Pangkalan Susu, Jambi, Pendopo Prabumulih, serta Unit Bisnis Pertamina EP (UBEP) Jambi, Limau, Lirik dan Adera. *Region* Jawa terdiri atas: lapangan Cepu, Jatibarang, Subang dan Tambun. Sementara *region* Kawasan Timur Indonesia meliputi: Lapangan Bunyu, Sangatta, Sorong, serta UBEP Tanjung dan Sangasanga-Tarakan.

Pertamina melalui anak perusahaannya, PT Pertamina Geothermal Energy, melakukan kegiatan eksplorasi dan eksploitasi panas bumi di 15 wilayah kerja perusahaan (WKP) panas bumi di Indonesia. Disamping itu, kegiatan hulu Pertamina juga telah merambah berbagai negara di luar Indonesia diantaranya di wilayah Asia Tenggara, Australia, Timur Tengah dan Afrika.

Kegiatan hilir Pertamina meliputi proses pengolahan minyak dan gas bumi, serta distribusi dan pemasaran dari produk-produknya. Tujuan utama kegiatan tersebut adalah untuk memenuhi kebutuhan produk BBM dalam negeri, serta produk non-BBM dan petrokimia untuk kebutuhan dalam negeri dan ekspor. Secara garis besar, produk kegiatan hilir Pertamina meliputi bahan bakar minyak, petrokimia, gas, pelumas, dan produk-produk hasil olahan lainnya. Pertamina memiliki enam unit pengolahan BBM dengan kapasitas total 1.031,7 MBSD, kilang petrokimia dengan kapasitas total 1.507.950 ton per tahun dan kilang LPG dengan kapasitas total 102,3 juta ton per tahun.

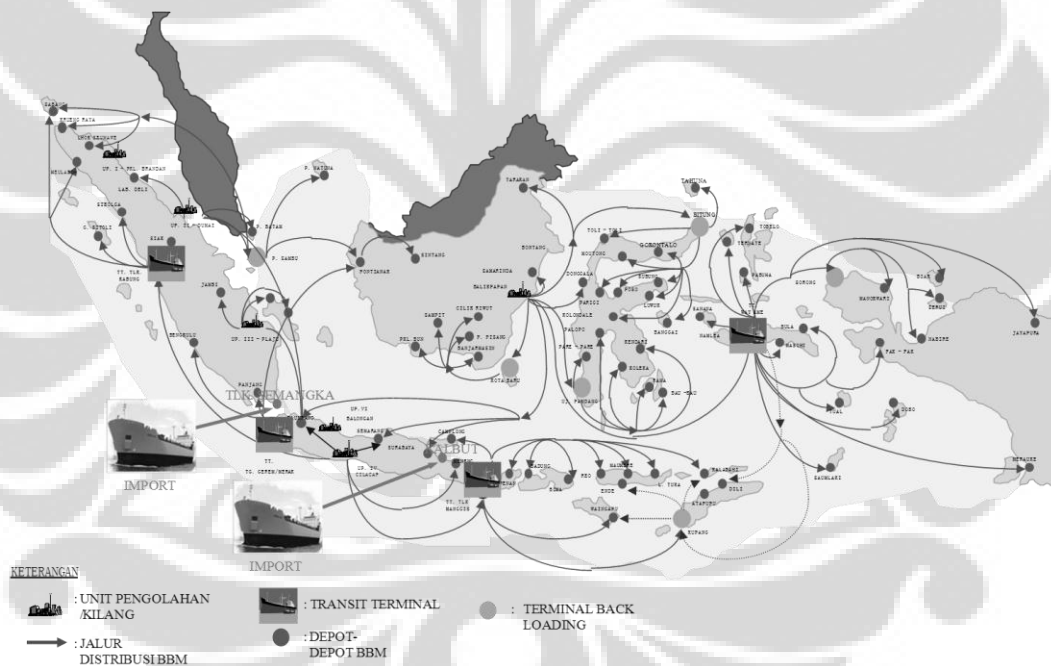
Dalam bidang pemasaran di dalam negeri, Pertamina dibagi dalam tujuh *region* pemasaran BBM Retail, empat *region* pemasaran BBM Industri *Marine*, empat *region* pemasaran *Aviasi*, dan 5 *region* pemasaran Gas Domestik. Saat ini Pertamina memiliki 112 Depot, 4434 SPBU, serta 53 DPPU yang tersebar di seluruh wilayah Indonesia. Disamping itu Pertamina juga memiliki 3 LOBP (*Lube Oil Blending Plants*) serta 97 *Port Installation*. Pada tahun 2008, volume penjualan PT PERTAMINA (Persero) mencapai 40,2 Juta KL BBM bersubsidi dan 32,6 Juta KL BBM Non Subsidi.

3.2. AKTIVITAS PEMASARAN

3.2.1. Alur Suplai BBM

Kegiatan Pemasaran BBM diawali dengan proses distribusi BBM dari kilang dalam negeri maupun dari ex-import dalam bentuk *finished product* dari kilang luar negeri. Secara umum media yang dipergunakan dapat dibedakan menjadi dua yaitu : melalui laut/perairan dengan menggunakan Kapal Tangker dikirirkan ke depot-depot yang memiliki fasilitas pelabuhan bongkar BBM (Sea-Fed Depot) dan melalui jalur pipa yang terhubung antara kilang, depot dan pelabuhan bongkar BBM.

Adapun alur distribusi BBM Pertamina di seluruh wilayah Indonesia adalah sebagai berikut :

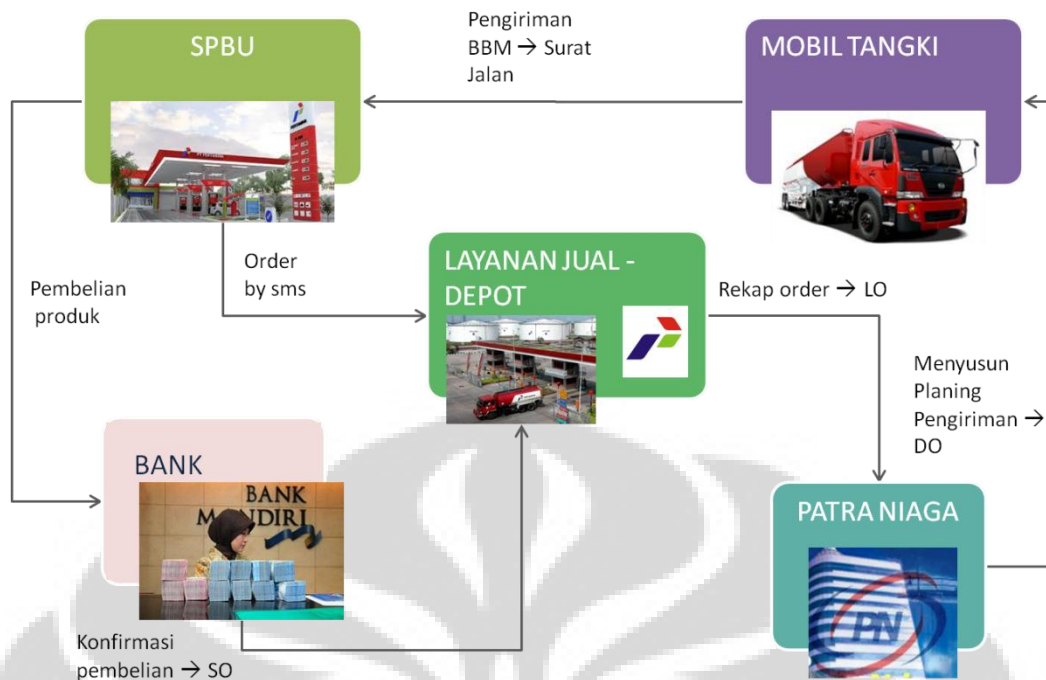


Gambar 3.1. Jalur Distribusi BBM Dalam Negeri Melalui Transportasi Laut

(Sumber : Perusahaan, 2010)

3.2.2. Proses Pemesanan BBM dan Kegiatan Distribusi

Secara umum aktivitas pemesanan dan distribusi BBM ke SPBU dapat digambarkan dalam ilustrasi berikut :



Gambar 3.2. Kondisi *Existing* Pemesanan dan Distribusi BBM

(Sumber : Perusahaan, 2011)

Penjabaran proses pemesanan dan distribusi tersebut adalah sebagai berikut :

- Pihak SPBU melakukan pelaporan stok serta permintaan BBM (Premium, Solar dan Pertamax) melalui SMS 1 hari sebelum pengiriman BBM dilakukan.
- SMS dari SPBU akan diterima oleh server Pertamina. Selanjutnya dari data stok dan permintaan BBM tersebut, pihak Layanan Jual Depot akan menentukan jumlah BBM yang akan dikirim untuk masing-masing SPBU. Penentuan jumlah pengiriman BBM ke masing-masing SPBU didasarkan pada : sisa stok SPBU, sisa Loading Order (LO) yang dimiliki SPBU, rata-rata penjualan (sales) harian SPBU, kapasitas tangki timbun SPBU serta Daily Objective Truput (DOT) yang diizinkan. DOT adalah angka rata-rata penyaluran harian yang ditetapkan oleh Pertamina dalam rangka pengendalian BBM subsidi.
- Rencana pengiriman BBM yang telah disusun oleh Layanan Jual Depot selanjutnya diserahkan kepada pihak Patra Niaga selaku pengelola Mobil Tangki untuk selanjutnya dikirim ke SPBU.

- Pihak Patra Niaga akan mengatur pengiriman ke masing-masing SPBU termasuk mengatur penugasan mobil tangki dengan tujuan seluruh perencanaan pengiriman yang dibuat Layanan Jual dapat terlaksana pada hari tersebut. Karena belum ada sistem yang dapat membantu optimalisasi rute pengiriman, pihak Patra Niaga umumnya melaksanakan pengiriman berdasarkan pengalaman sebelumnya. Umumnya lokasi SPBU yang dekat dengan depot akan disupply lebih dulu baru selanjutnya ke lokasi-lokasi SPBU yang jauh.
- Dalam melaksanakan pengiriman BBM ini digunakan mobil tangki khusus pengangkut BBM dengan kapasitas yang berbeda-beda. Dalam hal ini mobil tangki dibagi dalam kompartemen-kompartemen yang masing-masing memiliki kapasitas 8 Kilo Liter (8 KL).
- Pelaksanaan pengiriman BBM dilakukan oleh awak mobil tangki yang terdiri dari 1 orang sopir dan 1 orang pembantu sopir (kernet). Setiap mobil tangki dalam 1 hari bisa mendapat penugasan lebih dari 1 trip dimana tiap tripnya mobil tangki dapat mengunjungi lebih dari 1 SPBU, dalam hal ini maksimal SPBU yang bisa dikunjungi adalah 4 SPBU dalam 1 trip.
- Karena SPBU tidak dilengkapi dengan flowmeter, maka setiap kali dilakukan pembongkaran atau proses unloading untuk satu kompartemen maka seluruh isi kompartemen tersebut harus dibongkar habis, jadi minimal volume pembongkaran di satu titik SPBU adalah 8 KL. Dalam hal ini dasar volume penyerahan dari Pertamina ke pihak SPBU adalah indek tera yang terdapat pada *manhole* mobil tangki.

3.3. STUDI KASUS

3.3.1. Kondisi Wilayah Kerja

Sebagaimana disampaikan sebelumnya, penelitian ini dilakukan di wilayah Fuel Retail Marketing Region III - Sales Area Bandung yang meliputi wilayah berikut :

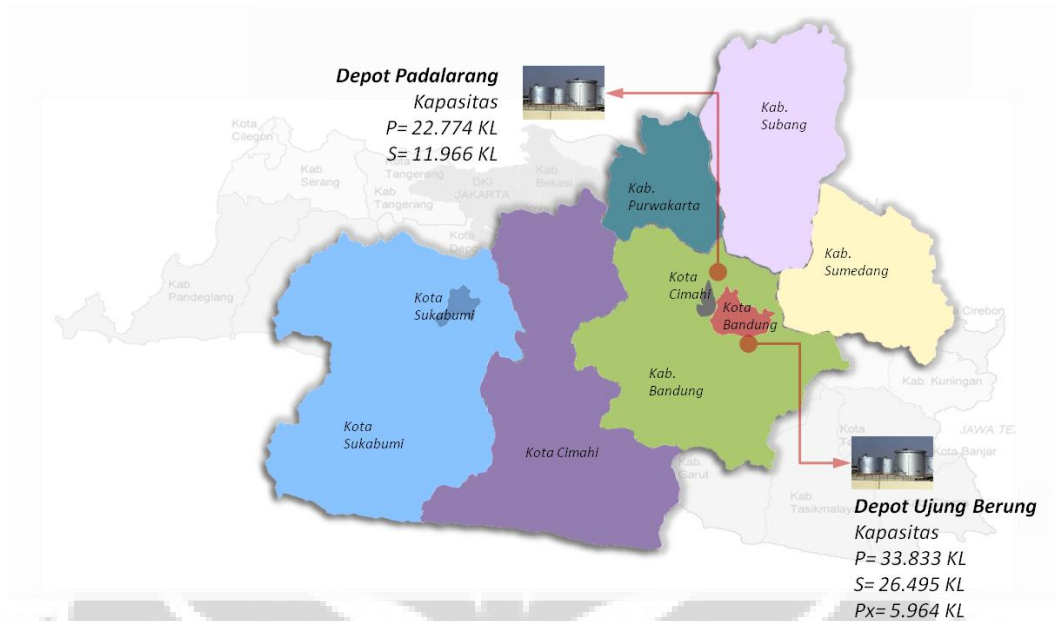
- Kota Bandung; dengan 97 lokasi SPBU
- Kabupaten Bandung; dengan 73 lokasi SPBU
- Kabupaten Sumedang; dengan 24 lokasi SPBU
- Kabupaten Purwakarta; dengan 29 lokasi SPBU
- Kabupaten Subang; dengan 28 lokasi SPBU
- Kabupaten Cianjur; dengan 26 lokasi SPBU
- Kota dan Kabupaten Sukabumi; dengan 30 lokasi SPBU

Wilayah Sales Area Bandung dilayani oleh dua depot supply point yaitu : Depot Ujung Berung dan Depot Padalarang, yang tergabung dalam Instalasi Bandung Group (IBG). Kedua depot tersebut mendapatkan pasokan BBM dari Kilang Cilacap dan Terminal Transit Lomanis (BBM *ex-import*) melalui jaringan pipa yang sama. Hal tersebut menjadikan Instalasi Bandung Group memiliki ketahanan stok yang cukup aman dan terjamin.

Secara umum, distribusi BBM di wilayah Sales Area Bandung memiliki karakteristik yang unik dan memiliki kompleksitas dan kesulitan yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan oleh luasnya wilayah yang harus dilayani dan memiliki karakteristik demografi yang lengkap (urban dan sub-urban).

Mengingat jumlah SPBU yang cukup banyak dengan lokasi yang tersebar di seluruh area, maka untuk mempersingkat waktu komputasi dalam penelitian ini hanya akan membahas dua jenis BBM yang volume konsumsinya terbanyak yaitu Premium dan Solar.

Peta wilayah kerja Sales Area Bandung dapat terlihat di dalam gambar berikut :



Gambar 3.3. Wilayah Kerja Sales Area Bandung

(Sumber : Perusahaan, 2010)

3.3.2. Pemenuhan Kebutuhan Data

Untuk menyelesaikan permasalahan VRP khususnya pada kasus Petrol Station Replenishment Problem (PSRP), maka diperlukan data-data yang menggambarkan keadaan aktivitas pendistribusian BBM selama ini berlangsung di wilayah kerja. Dari data-data tersebut, maka dapat dilakukan pencarian solusi yang optimal, serta dapat dilakukan analisa perbandingan antara kondisi yang selama ini berlangsung dengan hasil pencarian solusi yang baru menggunakan metode Tabu Search.

3.3.2.1. Data Supply Point

Lokasi Depot

Sebagaimana fungsi sebagai Supply Point, Depot BBM Pertamina merupakan titik awal keberangkatan seluruh armada mobil tangki yang akan melakukan pengiriman BBM ke SPBU sekaligus sebagai titik akhir perjalanan rute mobil tangki setelah menyelesaikan seluruh titik pengiriman.

Dalam penelitian ini diambil kasus pengiriman BBM di wilayah Sales Area Bandung yang dilayani oleh dua depot. Dengan demikian maka kasus ini dapat dikategorikan sebagai problema *multi depot* yang secara teknis

memungkinkan untuk mengirim BBM ke satu titik yang berasal dari kombinasi kedua lokasi depot tersebut.

Lokasi depot yang pertama adalah di daerah Ujung Berung, berposisi di bagian tenggara kota Bandung. Lokasi depot berada pada jalur utama menuju arah Tasikmalaya dan jalur selatan menuju ke Jawa Tengah. Lokasi yang kedua terletak di Padalarang, sebelah barat laut dari Kota Bandung, berada pada jalur utama menuju Cianjur dan Sukabumi. Berdasarkan perhitungan jarak, kedua lokasi depot tersebut berjarak ± 25 km.

Ketersediaan Produk dan Batasan Kapasitas

Dilihat dari ketersediaan produk, Depot Ujung Berung di desain untuk dapat melayani permintaan produk BBM jeni Premium, Solar dan Pertamina. Sedangkan Depot Padalarang di desain hanya dapat menyalurkan BBM jenis Premium dan Solar saja. Supply BBM ke Depot tersebut berasal dari Kilang Cilacap dan BBM ex-import melalui Terminal transit Lomanis dan disalurkan ke lokasi Depot dengan menggunakan jaringan pipa. Adapun kapasitas tangki timbun dan besaran volume *Daily of Take (DOT)* adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Kapasitas Tangki Timbun dan *Volume Daily of Take (DOT)*

DEPOT	Kapasitas Tangki Timbun BBM			Daily Of Take (DOT)		
	Premium	Solar	Pertamax	Premium	Solar	Pertamax
Ujung Berung	33833	22774	5964	2768	984	224
Padalarang	26495	11966	-	1768	760	-

Volume *Daily of Take* adalah volume perkiraan penyaluran harian yang dijadikan dasar untuk pelaksanaan forecasting dan perencanaan pengiriman suplai BBM ke Depot. Dalam penelitian ini, volume *Daily of Take (DOT)* ditampilkan namun tidak menjadi salah satu constraint, mengingat volume *DOT* merupakan perkiraan dan bukan batasan operasional. Sedangkan *constraint* yang akan dipergunakan adalah kapasitas maksimum tangki timbun, karena volume kapasitas merupakan batasan operasional yang nyata secara teknis.

Waktu Pelayanan (Service Time)

Untuk mensederhanakan proses komputasi, waktu pelayanan di Depot telah ditetapkan sebesar 30 menit (0,5 jam). Waktu tersebut adalah waktu yg telah disepakati dan dipakai dilingkungan kerja depot sebagai standard pelayanan terhadap mobil tangki, yang meliputi kegiatan *gate in*, *dispatch* dan *loading*.

Waktu Operasi (Time Windows)

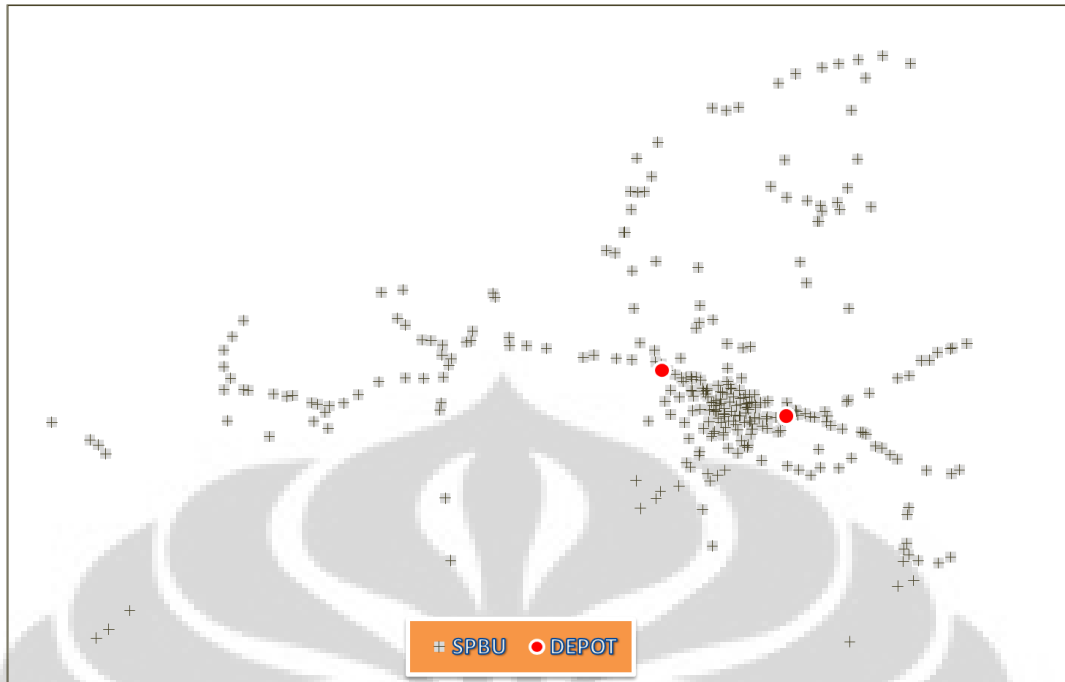
Pada dasarnya waktu kerja di depot adalah 24 Jam, sesuai dengan kebutuhan karena setiap pekerja organik memiliki sifat pekerjaan yang tidak terikat jam kerja (*on call*), namun demikian untuk menyesuaikan dengan kondisi di lapangan, ketersediaan pekerja Patra Niaga dan pekerja bantu serta kebiasaan mobil tangki untuk tidak langsung kembali pada saat call terakhir, maka waktu operasional depot ditetapkan untuk dibatasi dari pukul 6.00 WIB hingga pukul 24.00 WIB dibagi menjadi 2 shift selama 7 hari dalam seminggu (non-stop).

3.3.2.2. Data Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU)

Jumlah dan Lokasi SPBU

Lokasi SPBU yang dilayani oleh Instalasi Bandung Group tersebar di wilayah Kota Bandung, Kabupaten Bandung, Kota Cimahi, Kabupaten Sumedang, Kabupaten Purwakarta, Kabupaten Subang, Kabupaten Cianjur, Kota dan Kabupaten Sukabumi. dengan jumlah total 307 SPBU, namun yang dilayani oleh Instalasi Bandung Group sebanyak 208 SPBU, sebagian yang lain dilayani oleh Depot Cikampek yang posisinya berada di luar area Bandung. Adapun daftar SPBU yang terdapat di wilayah Sales Area Bandung, dapat dilihat pada bagian lampiran.

Untuk memberikan ilustrasi visual terhadap lokasi SPBU di Sales Area Bandung, disajikan sebaran lokasi SPBU beserta posisi Depot BBM Pertamina sebagai supply point, dalam gambar sebagai berikut :



Gambar 3.4. Sebaran lokasi SPBU di Sales Area Bandung

Waktu Bongkar (Unloading Time)

Waktu pembongkaran BBM, sebagaimana telah ditetapkan juga pada waktu pelayanan/service time di Depot BBM, diambil dari angka yang telah disepakati oleh pihak Depot dengan Patra Niaga sebagai anak perusahaan yang telah ditunjuk untuk melakukan manajemen pengiriman BBM ke SPBU khusus di wilayah Sales Area Bandung. Angka yang telah disepakati adalah : 30 menit (0,5 jam) per kompartemen.

Ketersediaan Lahan

Untuk mengantisipasi terjadinya kedatangan mobil tangki pada saat yang bersamaan, maka kendala ketersediaan lahan juga dimasukkan ke dalam sistem dan telah ditetapkan bahwa ruang parkir tersedia untuk mobil tangki di SPBU adalah sebanyak 2 (dua) unit mobil tangki dalam waktu yang bersamaan.

Waktu Operasi (Time Windows)

Waktu operasi SPBU dalam hal dapat didefinisikan sebagai jangka waktu yang telah disediakan oleh pengelola SPBU dimana SPBU masih mampu / mau menerima dan memfasilitasi pembongkaran BBM di SPBU ketika mobil tangki datang di lokasi.

Kondisi di lapangan saat ini, seluruh SPBU bersedia menerima pembongkaran BBM di SPBU dalam jangka waktu 24 jam non stop. Sehingga dapat disampaikan bahwa, walaupun SPBU hanya beroperasi selama 18 jam dalam sehari (mis : 6:00 WIB s/d 00.00 WIB) namun di lokasi SPBU terdapat pekerja yang stand by untuk menerima pembongkaran BBM selama 24 jam setiap hari.

3.3.2.3. *Data Kendaraan*

Untuk melakukan pengiriman BBM dibutuhkan armada mobil tangki dengan kapasitas yang bervariasi. Hal ini mengingat kondisi wilayah dan kondisi jalan yang berbeda antar daerah. Saat ini Pertamina Sales Area Bandung melalui Instalasi Bandung Group, mengoperasikan 76 mobil tangki dengan kapasitas yang bervariasi. Adapun data ketersediaan mobil tangki per kapasitas, dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3.2. Data Ketersediaan dan Komposisi Armada Mobil Tangki

No	Kapasitas	Jumlah Kompartemen	Jumlah	Total Kapasitas	Jumlah Total Kompartemen
	(kL)			(kL)	
1	16	2	30	480	32
2	24	3	39	936	72
3	32	4	7	224	128
Total			76	1.640	232

(Sumber : Perusahaan, 2011 - diolah)

Biaya distribusi total diperoleh dengan melakukan perhitungan terhadap fixed cost dan variable cost yang ditimbulkan. Data komponen-komponen biaya tersebut dapat dilihat pada tabel 3.3.

Dalam penelitian pada proses optimasi yang akan dilakukan, data biaya yang diperlukan sebagai salah satu input adalah variable cost, mengingat komponen biaya ini selalu mengalami perubahan seiring dengan perubahan jarak tempuh total. Adapun fixed cost adalah komponen biaya tetap yang tidak dipengaruhi jarak tempuh, namun komponen ini akan tetap dipergunakan dalam penentuan total biaya distribusi.

Tabel 3.3. Perhitungan *Fixed Cost* dan *Variable Cost* dalam Pendistribusian BBM

No	JENIS BIAAYA	BIAYA	NILAI KONVERSI	KETERANGAN
Fixed Cost				
1	BIAYA SEWA MOBIL TANGKI			
	- Kapasitas 16 KL	Rp 18.201.000 per bln	Rp 606.700 per hari	1 bulan = 30 hari kerja
	- Kapasitas 24 KL	Rp 22.137.000 per bln	Rp 737.900 per hari	1 bulan = 30 hari kerja
	- Kapasitas 32 KL	Rp 30.773.000 per bln	Rp 1.025.767 per hari	1 bulan = 30 hari kerja
2	GAJI SOPIR MOBIL TANGKI	Rp 2.400.000 per bln	Rp 80.000 per hari	1 bulan = 30 hari kerja
Variable Cost				
3	BIAYA BAHAN BAKAR	Rp 4.500 per ltr	Rp 1.800 per km	konsumsi BBM : 2,5 km / liter
4	BIAYA PENGGANTIAN BAN	Rp 3.600.000 per buah	Rp 1.120 per km	Jadwal penggantian ban = setiap 45.000 km Jumlah ban per mobil = 14 buah

(Sumber : Perusahaan, 2011 - diolah)

Dari hasil perhitungan diatas, dapat ditentukan bahwa besaran biaya variabel yang harus dikeluarkan pihak Pertamina adalah Rp. 2.920,- / km. Biaya inilah yang akan digunakan pada tahap analisa data.

Data kecepatan dalam hal ini adalah kecepatan rata-rata mobil tangki dalam melakukan pengiriman BBM ke SPBU. Berdasarkan data yang menjadi yang berlaku secara umum di Pertamina, diperoleh bahwa rata-rata kecepatan Mobil Tangki adalah 35 km/Jam.

3.3.2.4. *Data Permintaan BBM*

Permintaan Pengiriman BBM oleh SPBU merupakan prosedur rutin yang harus dijalankan oleh pengelola SPBU. Permintaan BBM biasanya dilakukan pada 1 hari sebelum rencana pengiriman BBM. Hal ini dimaksudkan untuk memberikan waktu kepada bagian distribusi untuk melakukan penjadwalan dan perencanaan rute pengiriman.

Adapun permintaan BBM yang dipergunakan sebagai bahan perhitungan dalam penelitian ini adalah menggunakan data permintaan BBM pada tanggal 7 Juni 2011. Hal ini dilakukan karean pada hari tersebut, sampai dengan saat ini merupakan omzet terbesar selama kurun waktu tahun 2011. Dengan demikian diharapkan dapat memberikan gambaran kondisi ekstrim di wilayah Sales Area

Bandung. Adapun data permintaan BBM lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran

Jenis produk yang akan dibahas sebagai permintaan BBM dalam penelitian ini adalah BBM jenis Premium dan Pertamina. Hal ini dilakukan dengan pertimbangan bahwa volume permintaan Pertamina relatif kecil apabila dibandingkan dengan kedua jenis BBM lainnya, yaitu < 2% dari total permintaan.

3.3.2.5. Data Jarak

Matriks jarak merupakan data yang sangat krusial dalam sistem optimasi yang akan dibahas dalam penelitian ini, yang merupakan kumpulan data-data jarak dari setiap titik tujuan dan depot. Berikut merupakan format data jarak dalam bentuk matriks yang akan diupergunakan sebagai input dalam program optimasi yang akan dibangun.

Tabel 3.4. Data Matriks Jarak

Matriks Jarak (dalam KM)	UJB	PDL	31.402.01	31.405.01	31.406.01	31.411.01	31.411.02	34.401.01	34.401.02	34.401.03	34.453.24	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		308	
UJB	1	0,0	24,5	5,8	24,3	0,1	47,5	47,6	14,5	10,4	7,2		24,7
PDL	2	24,5	0,0	19,4	0,2	24,4	28,8	28,8	12,0	14,1	17,6		11,8
31.402.01	3	5,8	19,4	0,0	19,2	5,7	44,4	44,5	11,2	5,7	4,6		21,7
31.405.01	4	24,3	0,2	19,2	0,0	24,2	28,9	28,9	11,8	13,9	17,4		11,7
31.406.01	5	0,1	24,4	5,7	24,2	0,0	47,4	47,5	14,4	10,3	7,1		24,6
31.411.01	6	47,5	28,8	44,4	28,9	47,4	0,0	0,2	33,3	38,8	40,6		22,8
31.411.02	7	47,6	28,8	44,5	28,9	47,5	0,2	0,0	33,4	38,9	40,7		22,9
34.401.01	8	14,5	12,0	11,2	11,8	14,4	33,3	33,4	0,0	6,0	7,3		10,5
34.401.02	9	10,4	14,1	5,7	13,9	10,3	38,8	38,9	6,0	0,0	3,9		16,3
34.401.03	10	7,2	17,6	4,6	17,4	7,1	40,6	40,7	7,3	3,9	0,0		17,8
⋮													
34.453.24	308	24,7	11,8	21,7	11,7	24,6	22,8	22,9	10,5	16,3	17,8		0,0

BAB IV. PENGOLAHAN DATA DAN ANALISA HASIL

4.1. PEMBUATAN MODEL MATEMATIS

Sebagaimana disampaikan pada bagian pendahuluan, permasalahan yang diangkat adalah *Routing* dan *Scheduling* pada *Petrol Station Replenishment Problem (PSRP)* yang merupakan pengembangan problema *Vehicle Routing Problem (VRP)* pada kasus pengiriman BBM *multi produk* melalui *multi depot* dengan batasan *time windows* dan *split deliveries*



Gambar 4.1. Frame Work Penyusunan Model Matematis

Didalam problema *Petrol Station Replenishment Problem (PSRP)* akan selalu ditemukan satu atau beberapa Depot supply point yang harus memenuhi kebutuhan sekelompok SPBU yang lokasinya tersebar di suatu wilayah tertentu. Sebagaimana halnya ditemukan dalam bisnis-bisnis retail lain yang berbasiskan pada *inventory pull system management*, PSRP merupakan salah satu contoh riil bagaimana suatu retail outlet memegang peranan penting dalam menentukan ketersediaan produk. Hal ini disebabkan oleh *demand* yg sangat fluktuatif dan tingginya *inventory holding cost* sehingga sistem transaksi *consignment* sangat sulit untuk diterapkan.

Dengan demikian untuk penyelesaian PSRP dibutuhkan suatu sistem routing dan scheduling harian / non periodik yang dapat mengantisipasi perubahan demand dengan cepat.

Seperti halnya penjabaran di atas, problema PSRP yang dihadapi di Pertamina Sales Area Bandung juga memberikan indikasi yang sama. Dari pengumpulan data yang telah dilakukan sebelumnya dapat dirumuskan bahwa :

- Jumlah SPBU yang harus dilayani adalah 208 lokasi yang masing-masing memiliki permintaan dan kapasitas penyimpanan tertentu.
- Depot supply point yang dapat dipergunakan sebanyak 2 lokasi dengan batasan waktu operasional pukul 6.00 WIB s/d pukul 24.00 WIB
- Terdapat dua produk utama dengan proporsi sales lebih dari 98% yaitu Premium dan Solar
- Pengiriman menggunakan mobil tangki sebanyak 76 unit dengan kapasitas yang bervariasi, yaitu (16 KL, 24 KL dan 32 KL) yang terbagi dalam beberapa kompartemen dengan ukuran yang sama yaitu 8 KL
- Pengiriman BBM ke SPBU didasarkan pada permintaan harian dari SPBU dan dapat dilakukan secara *split deliveries* maupun *split cargo* dengan satuan terkecil 8 KL dan kelipatannya.
- Titik awal dan akhir perjalanan mobil tangki dapat dilakukan pada salah satu atau kedua depot tersebut (*multi-depot*)

4.1.1. Asumsi-Asumsi

Dalam permasalahan ini digunakan beberapa asumsi yang dibuat berdasarkan kondisi riil penyaluran BBM yang dilakukan di Sales Area Bandung. Adapun asumsi yang digunakan dalam permasalahan ini adalah :

- Periode perencanaan yang dipertimbangkan hanya dalam 1 hari pengiriman (*single period*).
- Mobil tangki yang digunakan memiliki kapasitas yang berbeda-beda untuk masing-masing produk serta tersedia dalam jumlah yang terbatas.
- Biaya distribusi BBM per satuan jarak diketahui dan jumlahnya konstan
- Waktu pemuatan BBM (*loading*) di Depot serta waktu bongkar (*unloading*) di SPBU diketahui dan konstan.
- Beberapa *trip* dapat ditugaskan kepada mobil tangki yang sama dalam 1 hari

- Masing-masing SPBU dapat menerima lebih dari 1 pengiriman BBM (*call*) dalam 1 hari.
- Karena kompartemen mobil tangki tidak dilengkapi dengan *flowmeter*, maka setiap kompartemen harus dibongkar sampai habis.
- Masing-masing SPBU memesan BBM sesuai kelipatan kompartemen mobil tangki (kelipatan 8 KL), dan pihak Pertamina dapat melakukan penyesuaian pengiriman BBM ke masing-masing SPBU tersebut dengan mempertimbangkan: stok yang masih tersedia, kapasitas tangki timbun, serta rata-rata penjualan harian SPBU.

4.1.2. Formulasi Model Matematis

Model matematis didasarkan pada pengecekan seluruh rute *feasible* yang mungkin terjadi. Sebuah rute dikatakan *feasible* apabila memenuhi seluruh batasan/*konstraint* yang ditetapkan. Berikut adalah formulasi model matematis yang dikembangkan.

Parameter yang digunakan :

τ_{ij}	=	waktu dari i ke j
d_{ij}	=	jarak dari i ke j
C	=	biaya transportasi per KM (meliputi: biaya pemakaian bahan bakar, ban dan pelumas)
k	=	truk tangki, dimana $k = 1, 2, 3, \dots, K$
o	=	trip, dimana $o = 1, 2, 3, \dots, O$
i	=	titik keberangkatan, dimana $i = 1, 2, 3, 4, \dots, N$ (dimana pada $i = 1$ dan 2 adalah Depot)
j	=	titik tujuan, dimana $j = 1, 2, 3, 4, \dots, M$
Q_p	=	jumlah/ <i>quantity</i> produk p yang diminta
V_k	=	jumlah kompartemen truk tangki k

Variabel keputusan :

$$Z_{imjnko} = \begin{cases} 1; & \text{jika truk } k \text{ trip ke } o \text{ berkunjung dari } i \text{ call ke } m \\ & \text{menuju } j \text{ call ke } n \\ 0; & \text{jika tidak} \end{cases}$$

$$y_{jpkov} = \begin{cases} 1; & \text{jika truk } k \text{ trip ke } o \text{ kompartemen } v \text{ di } j \text{ berisi} \\ & \text{produk } p \\ 0; & \text{jika tidak} \end{cases}$$

Fungsi Tujuan :

$$\text{Min} \sum_i \sum_m \sum_j \sum_n \sum_k \sum_o C \cdot d_{ij} \cdot Z_{imjnko} \quad (4.1)$$

Fungsi kendala :

$$\sum_i \sum_m \sum_k \sum_o Z_{imjnko} = 1 \quad \forall (j, n) \quad (4.2)$$

$$\sum_i \sum_m \sum_k \sum_o Z_{imjnko} = \sum_i \sum_m \sum_k \sum_o Z_{jnimko} \quad (4.3)$$

$$\sum_j \sum_n Z_{0mjnko} = \sum_j \sum_n Z_{jn0mko} \quad \forall (k, o) \quad (4.4)$$

$$\sum_j \sum_n Z_{jn0mko} \geq \sum_j \sum_n Z_{0mjnk,o+1} \quad (4.5)$$

$$Z_{imjnko} + Z_{jnimko} = 1 \quad (4.6)$$

$$\sum_j \sum_n \sum_k Z_{01jnk1} \leq K \quad (4.7)$$

$$\sum_k \sum_o \sum_v y_{ipkov} = Q_p \quad (4.8)$$

$$\sum_p \sum_v Y_{jpkov} \leq V_k ; \quad \forall (k, o) \quad (4.9)$$

$$\sum_i \sum_m \sum_j \sum_n Z_{imjnko} \leq V_k + 1 ; \quad \forall (k, o) \quad (4.10)$$

$$\sum_i \sum_m \sum_j \sum_n Z_{imjnko} \geq \sum_j \sum_p \sum_v Y_{jpkov} ; \quad \forall (k, o) \quad (4.11)$$

Kendala Time Windows

Parameter yang digunakan :

- T_{aj} = waktu mulai buka di titik j
 T_{bj} = waktu tutup di titik j
 T_L = waktu bongkar / muat BBM

Variabel keputusan :

- t_{ajnko} = waktu kedatangan di j call ke n dari truk k trip ke o
 t_{bjnko} = waktu berangkat dari j call ke n dari truk k trip ke o

Fungsi Kendala :

$$t_{ajnko} = \sum_i \sum_m (t_{bimko} + \tau_{ij}) \cdot Z_{imjnko} ; \quad \forall (j, n, k, o) \quad (4.12)$$

$$t_{ajnko} \geq T_{aj} \quad (4.13)$$

$$t_{bjnko} = t_{ajnko} + T_L \cdot \sum_p \sum_v Y_{jpkov} ; \quad \forall (j, n, k, o) \quad (4.14)$$

$$t_{bjnko} \geq T_{bj} \quad (4.15)$$

Dalam model diatas, fungsi tujuannya adalah meminimalkan total biaya distribusi BBM (4.1). Kendala (4.2) menyatakan bahwa hanya ada 1 titik j pada $call$ ke n yang dikunjungi oleh berbagai asal i dan $call$ m oleh truk k pada $trip$ ke o . Kendala (4.3) menyatakan bahwa jumlah truk yang datang ke titik j harus meninggalkan j . Kendala (4.4) memastikan bahwa truk yang berangkat dari depot

harus kembali ke depot. Pada kendala (4.5) dinyatakan bahwa truk k yang telah melaksanakan $trip\ o$ dapat melanjutkan pada $trip\ o+1$. Kendala (4.6) memastikan bahwa truk tidak kembali ke titik sebelumnya. Kendala (4.7) menyatakan bahwa pada pemberangkatan pertama dari depot jumlah truk yang melakukan pengiriman adalah sejumlah truk yang tersedia. Pada kendala (4.8) memastikan bahwa jumlah produk p yang dikirim harus sesuai permintaan SPBU (Q_p). Kendala (4.9) menyatakan bahwa jumlah kompartemen yang terisi harus kurang dari atau sama dengan jumlah kompartemen yang tersedia. Kendala (4.10) membatasi bahwa jumlah kunjungan yang dapat terjadi dalam 1 $trip$ paling banyak sejumlah kompartemen truk $+ 1$. Kendala (4.11) menyatakan bahwa jumlah lintasan bermuatan lebih besar atau sama dengan jumlah kompartemen yang terisi.

Fungsi kendala (4.12) sampai (4.15) menyatakan kendala *time windows*, dimana kendala (4.12) menyatakan bahwa waktu kedatangan di titik $j\ call$ ke n dari truk k pada $trip$ ke o sama dengan waktu keberangkatan dari titik i ditambah waktu perjalanan dari i ke titik j . Kendala (4.13) menyatakan bahwa waktu kedatangan di titik $j\ call$ ke n dari truk k pada $trip$ ke o tidak boleh kurang dari waktu mulai buka di j . Kendala (4.14) menyatakan bahwa waktu keberangkatan dari titik $j\ call$ ke n dari truk k pada $trip$ ke o sama dengan waktu keberangkatannya ditambah waktu bongkar produk p di titik j . Sedangkan kendala (4.15) memastikan bahwa waktu keberangkatan dari titik $j\ call$ ke n pada $trip$ ke o tidak boleh melebihi waktu tutup di titik j .

4.2. PENYUSUNAN ALGORITMA

Sesuai dengan rencana awal penelitian dan didukung dengan penjabaran pada dasar teori, penyelesaian problema *Vehicle Routing Problem* (VRP) pada kasus *Petrol Station Replenishment Problem* (PSRP) di Sales Area Bandung yang diangkat dalam penelitian ini akan menggunakan algoritma *Tabu Search*. Untuk menuliskan algoritma *Tabu Search* ini sekaligus melakukan pencarian solusi optimal, digunakan software aplikasi *Visual Basic for Application* (VBA) pada *Microsoft Excel 2007* yang berbasiskan pada bahasa *Basic*. *Source Code* program VBA yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada bagian lampiran.

Microsoft Office Excel 2007 merupakan salah satu produk Microsoft untuk membuat aplikasi *spreadsheet* yang umum dipakai oleh berbagai kalangan.

Salah satu fasilitas penting yang dimiliki oleh *Microsoft Excel* adalah *Visual Basic for Application* (VBA). Seperti juga program *Microsoft Visual Basic* (VB), VBA merupakan fasilitas pemrograman dengan kelebihan VBA terintegrasi dengan produk-produk *Microsoft Office*. Fasilitas VBA dapat digunakan untuk melakukan otomatisasi, sehingga penyelesaian pekerjaan yang bersifat rutin dapat dilakukan dengan cepat dan mudah. Selain itu, VBA dapat melakukan modifikasi terhadap program *Microsoft Excel* sesuai kebutuhan. Hal tersebut menjadi dasar pemilihan bahasa VBA dari *Microsoft Excel* digunakan untuk membantu pemecahan permasalahan dalam penelitian ini.

Pembuatan program optimasi untuk penentuan rute distribusi yang optimal menggunakan algoritma *Tabu Search* dengan VBA Excel ini didasarkan pada fungsi objektif yaitu meminimumkan total biaya distribusi, sehingga output yang diharapkan dari program ini berupa urutan rute pengiriman untuk setiap kendaraan serta total jarak tempuh dan biaya distribusi yang dihasilkan.

4.2.1. Penetapan Parameter Kontrol

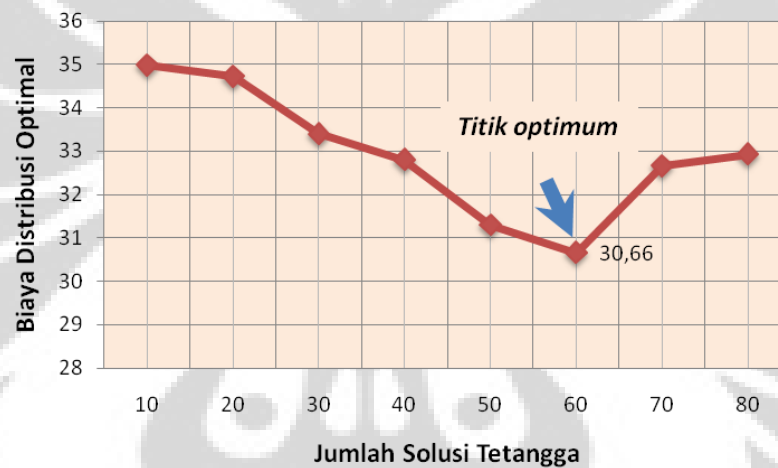
Sebelum dilakukan eksekusi program komputasi yang telah dibangun, terlebih dahulu akan dilakukan penetapan parameter kontrol yang bersifat unik sesuai dengan algoritma yang dipergunakan. Dalam hal ini terdapat dua parameter kontrol yang harus ditetapkan nilainya terlebih dahulu, yaitu jumlah solusi tetangga dan panjang *tabu list*. Untuk menetapkan nilai kedua parameter tersebut dilakukan percobaan dengan menggunakan beberapa sampel nilai jumlah solusi tetangga dan panjang *tabu list*. Untuk menetapkan jumlah solusi tetangga dilakukan percobaan dengan nilai antara 10 – 80. Sementara untuk menetapkan panjang *tabu list* dilakukan percobaan dengan nilai antara 10 – 50.

Penetapan Solusi Tetangga

Percobaan untuk menetapkan jumlah solusi tetangga yang terbaik dilakukan dengan melakukan simulasi dengan merubah nilai parameter jumlah solusi tetangga, sedangkan parameter lainnya (panjang *tabu list* dan jumlah iterasi) dibuat tetap. Dengan menggunakan nilai panjang *tabu list* = 20, serta jumlah iterasi = 5, didapatkan hasil percobaan seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.1 dan gambar 4.2 di bawah ini :

Tabel 4.1. Hasil Percobaan Jumlah Solusi Tetangga

No. Trial	Jml Solusi Tetangga	Biaya	Waktu komputasi
		(juta)	(detik)
1	10	34,98	80
2	20	34,72	136
3	30	33,4	206
4	40	32,8	276
5	50	31,3	355
6	60	30,66	417
7	70	32,66	465
8	80	32,93	531



Gambar 4.2. Grafik Biaya Distribusi Hasil Percobaan Dengan Berbagai Nilai Jumlah Solusi Tetangga

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, didapat bahwa jumlah solusi tetangga yang memberikan hasil terbaik berdasarkan fungsi tujuan dalam meminimumkan biaya distribusi adalah sebanyak 60. Sehingga untuk pengolahan data selanjutnya akan digunakan parameter jumlah solusi tetangga sebesar 60.

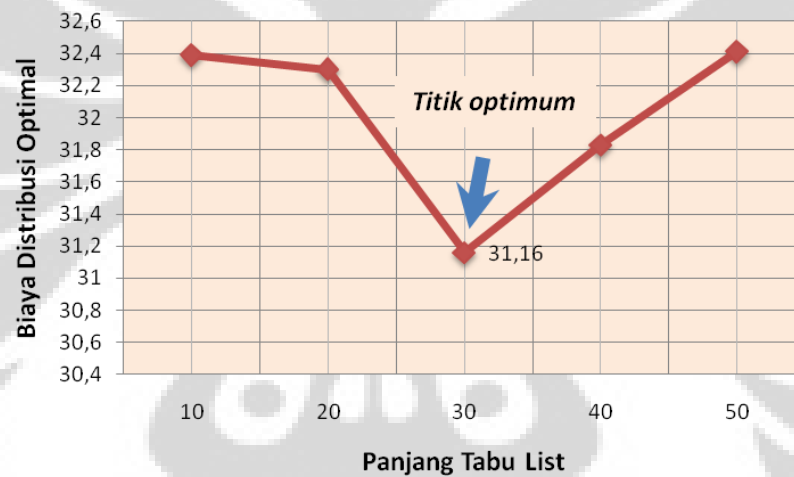
Penetapan Panjang Tabu List

Untuk menetapkan panjang *tabu list* yang terbaik dilakukan simulasi dengan menggunakan variasi nilai parameter panjang *tabu list*, sedangkan parameter lainnya (jumlah solusi tetangga dan jumlah iterasi) dibuat tetap. Dengan menggunakan nilai jumlah solusi tetangga = 50, serta jumlah iterasi = 5,

didapatkan hasil percobaan seperti yang dapat dilihat pada tabel 4.2 dan gambar 4.3 di bawah ini :

Tabel 4.2. Hasil Percobaan Panjang *Tabu List*

No. Trial	Panjang Tabu List	Biaya	Waktu komputasi
		(juta)	(detik)
1	10	32,39	351
2	20	32,3	331
3	30	31,16	347
4	40	31,83	341
5	50	32,41	341



Gambar 4.3. Grafik Biaya Distribusi Hasil Percobaan Dengan Berbagai Nilai Panjang *Tabu List*

Berdasarkan percobaan yang dilakukan, didapat bahwa panjang *tabu list* yang memberikan hasil terbaik berdasarkan fungsi tujuan, yaitu meminimumkan biaya distribusi adalah 30. Sehingga untuk pengolahan data selanjutnya akan digunakan parameter panjang *tabu list* sebesar 30.

Kriteria Terminasi

Setelah dua parameter diatas ditentukan, maka tahap berikutnya adalah penentuan kriteria terminasi program komputasi. Kriteria terminasi merupakan suatu tahap pelaksanaan prosedur untuk menghentikan proses (*looping*) pada pada jumlah iterasi tertentu dengan mempergunakan kriteria tertentu.

Dalam kasus ini kriteria terminasi sangat diperlukan mengingat penggunaan Algoritma Tabu Search akan memakan proses yang lebih lama dibandingkan dengan algoritma yang lain, namun mampu melakukan proses pencarian solusi secara efektif sehingga hasil dapat memuaskan walaupun pada jumlah iterasi yang terbatas. Mengingat penggunaan program komputasi ini adalah untuk penjadwalan harian, maka dibutuhkan suatu sistem komputasi yang memberikan hasil baik dalam waktu yang tidak terlalu lama.

Dari hasil percobaan tersebut didapatkan hasil sebagaimana terlihat pada Tabel 4.3 berikut :

Tabel 4.3. Hasil Percobaan Jumlah Iterasi

Iterasi Maks	Waktu Komputasi	Biaya	
	(detik)	(juta)	+/-
1	41	34,54	
5	87	35,03	1,4%
10	166	32,82	-6,3%
50	658	29,32	-10,7%
100	1367	27,89	-4,9%
500	6558	24,52	-12,1%
1000	12705	24,44	-0,3%

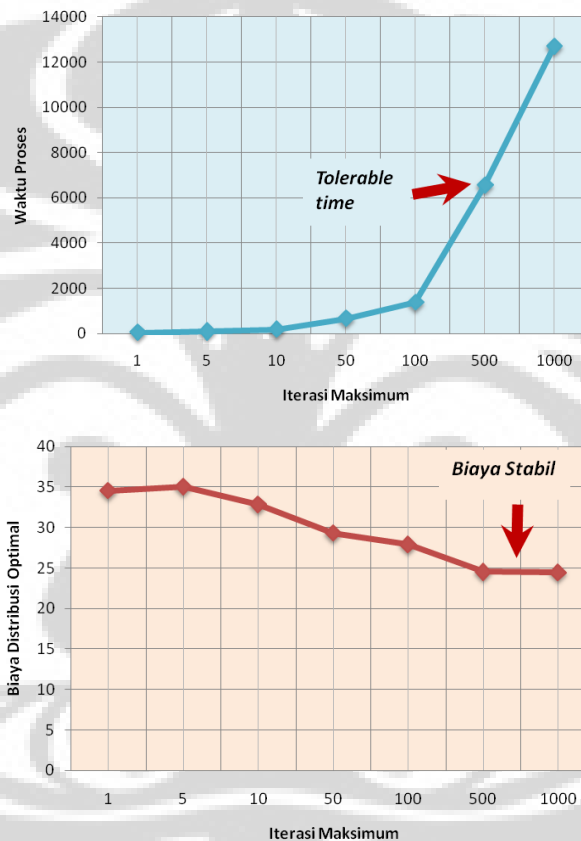
Dari tabel di atas, terlihat bahwa waktu komputasi akan meningkat secara drastis seiring dengan penambahan jumlah iterasi. Menurut hasil percobaan tersebut, besaran biaya masih mengalami penurunan yang cukup signifikan hingga iterasi ke 500 (sebesar -12,1%) dengan waktu proses \pm 1,5 jam. Namun pada iterasi yang ke 1000, walaupun telah memakan waktu proses lebih dari 3,5 jam, biaya optimal yang dihasilkan hanya mengalami penurunan sebesar -0,3%. Melihat hal tersebut, maka dapat dikatakan bahwa penambahan iterasi akan secara signifikan meningkatkan waktu proses, namun optimalisasi biaya distribusi yang dihasilkan tidak mengalami penurunan yang signifikan.

Dalam kasus penentuan rute dan penjadwalan pengiriman BBM harian, waktu proses yang program yang melebihi 2 jam dapat dikatakan kurang efektif, mengingat penjadwalan hanya dapat dilakukan setelah permintaan melalui SMS

SPBU terkap secara keseluruhan pada pukul 15.00 WIB pada setiap harinya.

Oleh karena itu, untuk mempersingkat *running time* program komputasi ini dengan tetap mendapatkan hasil yang cukup baik, maka diputuskan untuk menerima angka iterasi maksimum sebanyak 500 kali dengan waktu proses $\pm 1,5$ jam sebagai *tolerable running time*.

Sebagai ilustrasi untuk memperjelas hasil percobaan tersebut, dapat dilihat pada gambar 4.4 di bawah ini :



Gambar 4.4. Grafik Biaya Distribusi dan Waktu Komputasi dengan Berbagai Nilai Jumlah Iterasi Maksimum

4.2.2. Langkah-Langkah Algoritma di Dalam Program Aplikasi

Pada tahap awal, program akan meminta input berupa data permintaan pengiriman BBM dari seluruh SPBU untuk hari tertentu. Setelah data permintaan pengiriman BBM dimasukkan, program akan mengakses *database* dan mengambil data yang sesuai dengan apa yang dimasukkan sebagai input. Selain itu program juga akan menyesuaikan dengan kendala yang ditentukan, seperti

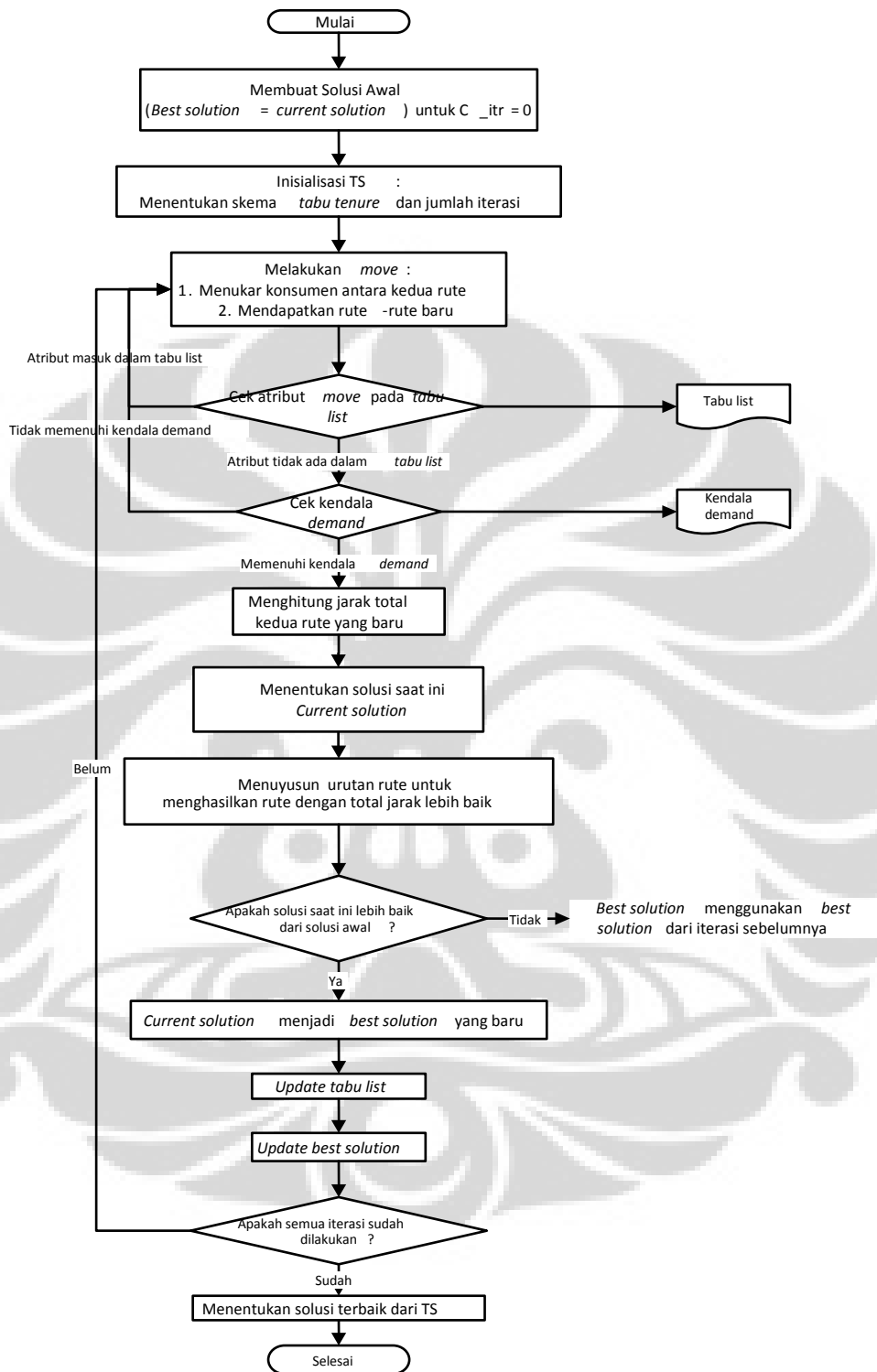
kapasitas angkut mobil tangki untuk masing-masing produk, kendala *time window*, serta kendala sarana SPBU yang terkait dengan kapasitas maksimal mobil tangki yang bisa masuk ke dalam SPBU. Hasil biaya distribusi dari solusi awal ini dijadikan sebagai solusi terbaik saat ini yang nantinya akan diganti jika ditemukan biaya yang lebih murah.

Selanjutnya dilakukan tahapan inisialisasi yaitu menentukan jumlah iterasi maksimum dan panjang *tabu list*. Jumlah iterasi maksimum yang digunakan adalah 500 iterasi, dengan panjang *tabu list* 30 dan jumlah solusi tetangga 60. Skema *tabu tenure* yang digunakan dalam hal ini adalah *fix tabu tenure*, artinya selama iterasi maksimal *tabu tenure* adalah tetap.

Kemudian program akan memilih secara beraturan dua rute untuk dilakukan kombinasi antara konsumen di dua rute tersebut. Kombinasi ini melibatkan proses yang dinamakan sebagai *move* antara konsumen kedua rute. Dalam hal ini diasumsikan bahwa satu *move* sama dengan satu iterasi. Di setiap iterasi, dilakukan pengecekan apakah atribut *move* yang digunakan masuk dalam *tabu list* atau tidak. Jika ada, maka *move* tersebut tidak boleh melanjutkan proses selanjutnya, sedangkan jika *move* yang digunakan tidak terdapat dalam daftar tabu, maka solusi yang dihasilkan harus dicek mengenai kapasitas permintaannya, apakah melebihi kapasitas truk atau tidak. Jika tidak memenuhi, maka *move* tersebut tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya, namun jika memenuhi, maka solusi tersebut menjadi solusi yang dipilih.

Selanjutnya adalah mengatur ulang urutan konsumen dalam rute tersebut untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal.

Jika solusi yang dipilih tersebut memiliki jarak yang lebih baik daripada solusi terbaik pada iterasi saat ini, maka solusi tersebut menjadi solusi terbaik yang baru dan akan menjadi solusi saat ini yang akan diproses pada iterasi-iterasi selanjutnya. Atribut *move* yang menghasilkan solusi terbaik yang baru tersebut direkam dalam *tabu list* sehingga dalam beberapa iterasi selanjutnya, atribut *move* tersebut dilarang untuk dilakukan.



Gambar 4.5. Diagram Alir Optimasi Menggunakan Algoritma *Tabu Search*

4.2.3. Verifikasi dan Validasi Program

Proses selanjutnya, sebelum program dipergunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam penelitian ini, terlebih dahulu akan dilakukan verifikasi dan validasi program.

Proses verifikasi dilakukan untuk memeriksa kesesuaian antara logika pada bahasa pemrograman dengan logika model dan algoritma. Hal ini dilakukan dengan cara memeriksa kesesuaian fungsi tujuan, memeriksa kembali *source code* dalam bahasa *Visual Basic* yang dipergunakan, memastikan bahwa seluruh kendala telah terpasang dan seluruh batasan telah dimasukkan.

Setelah proses verifikasi diselesaikan, maka langkah terakhir sebelum program dapat dipergunakan adalah proses validasi. Hal ini dilakukan dengan cara mempergunakan data dummy yang jauh lebih sederhana untuk melakukan pengecekan hasil output program dengan perhitungan manual. Proses validasi dapat disampaikan sebagai berikut :

- Menentukan 4 lokasi SPBU *dummy* dan menyusun matriks jarak berdasarkan lokasi tersebut.
- Menentukan jumlah permintaan BBM dari masing-masing SPBU *dummy*
- Menciptakan 2 kendaraan dummy dengan kapasitas 16 KL dan 32 KL
- Data-data lain seperti data waktu *loading/unloading*, kecepatan kendaraan, *time window*, dan batasan lainnya disamakan dengan permasalahan dalam penelitian ini. Konfigurasi parameter yang digunakan untuk adalah : jumlah iterasi maksimum 5000, panjang *tabu list* 30 dan jumlah solusi tetangga 60.

Dengan menggunakan program didapatkan solusi urutan / rute terbaik adalah 0 – 1 – 2 – 0 untuk mobil tangki A dan 0 – 4 – 3 – 0 untuk mobil tangki B dengan jarak total trip = 78 km

Untuk melakukan proses validasi program digunakan data *dummy* dengan jumlah SPBU sebanyak 4, matriks jarak antar 4 SPBU, serta tabel permintaan pengiriman BBM oleh masing-masing SPBU. Data *dummy* yang digunakan dapat dilihat pada tabel 4.4 , tabel 4.5 dan tabel 4.6 berikut.

Tabel 4.4. Data *Dummy* pada proses validasi

Jarak (KM)	0	1	2	3	4
0	0	8	10	29	16
1	8	0	2	21	8
2	10	2	0	19	6
3	29	21	19	0	13
4	16	8	6	13	0

No. SPBU	Jumlah Permintaan			Total
	Premium	Solar	Pertamax	
1	8	0	0	8
2	0	8	0	8
3	8	8	0	16
4	8	0	0	8

Data M. Tangki	Kapasitas per produk			Total Kapasitas
	Premium	Solar	Pertamax	
A	8 KL	8 KL	0	16 KL
B	16 KL	8 KL	0	24 KL

Selanjutnya perlu dilakukan perhitungan manual untuk membuktikan hasil ini benar. Iterasi perhitungan manual yang dilakukan adalah sebagai berikut :

- Menentukan secara *random* untuk mendapatkan *initial solution* sebagai berikut :

Tabel 4.5. *Random Initial Solution* pada Proses Validasi

Mobil Tangki	Kapasitas per produk			Rute Pengiriman	Jarak	Total Jarak
	Premium	Solar	Pertamax			
A	8 KL	8 KL	0	0 - 1 (P=8 KL) - 0	16	104
B	16 KL	8 KL	0	0 - 3 (P=8 KL, S=8 KL) - 4 (P=8 KL) - 0	58	
A	16 KL	8 KL	0	0 - 2 (S=8 KL) - 0	20	

- Melakukan iterasi untuk mendapatkan alternatif solusi yang lain.
 1. *Iterasi 1*: menukarkan 1 dengan 4
 2. *Iterasi 2* : Menukarkan 3 dengan 2
 3. *Iterasi 3* : Memisahkan 1 dengan 2
 4. *Iterasi 4* : Menggabungkan 1 dengan 3 dan 2 dengan 4

5. Iterasi 5 : Menukarkan 1 dengan 4

Tabel 4.6. Proses perhitungan manual dgn 5 iterasi pada proses validasi

Mobil Tangki	Kapasitas per produk			Rute Pengiriman	Jarak	Total Jarak
	Premium	Solar	Pertamax			
A	8 KL	8 KL	0	0 - 4 (P=8 KL) - 0	32	110
B	16 KL	8 KL	0	0 - 3 (P=8 KL, S=8 KL) - 1 (P=8 KL) - 0	58	
A	16 KL	8 KL	0	0 - 2 (S=8 KL) - 0	20	
Mobil Tangki	Kapasitas per produk			Rute Pengiriman	Jarak	Total Jarak
	Premium	Solar	Pertamax			
B	16 KL	8 KL	0	0 - 3 (P=8 KL, S=8 KL) - 0	58	110
A	8 KL	8 KL	0	0 - 1 (P=8 KL) - 2 (S=8 KL) - 0	20	
B	16 KL	8 KL	0	0 - 4 (P=8 KL) - 0	32	
Mobil Tangki	Kapasitas per produk			Rute Pengiriman	Jarak	Total Jarak
	Premium	Solar	Pertamax			
B	16 KL	8 KL	0	0 - 1 (P=8 KL) - 0	58	120
A	8 KL	8 KL	0	0 - 3 (P=8 KL, S=8 KL) - 0	20	
A	8 KL	8 KL	0	0 - 4 (P=8 KL) - 0	32	
B	16 KL	8 KL	0	0 - 2 (S=8 KL) - 0	20	
Mobil Tangki	Kapasitas per produk			Rute Pengiriman	Jarak	Total Jarak
	Premium	Solar	Pertamax			
A	8 KL	8 KL	0	0 - 2 (S=8 KL) - 4 (P=8 KL) - 0	32	90
B	16 KL	8 KL	0	0 - 3 (P=8 KL, S=8 KL) - 1 (P=8 KL) - 0	58	
Mobil Tangki	Kapasitas per produk			Rute Pengiriman	Jarak	Total Jarak
	Premium	Solar	Pertamax			
A	8 KL	8 KL	0	0 - 1 (P=8 KL) - 2 (S=8 KL) - 0	20	78
B	16 KL	8 KL	0	0 - 3 (P=8 KL, S=8 KL) - 4 (P=8 KL) - 0	58	

- Solusi terbaik hasil iterasi menunjukkan rute mobil A : 0 - 1 - 2 - 0 dan mobil B : 0 - 4 - 3 - 0 dengan jarak trip=178 km, dan hasil tersebut sama dengan hasil perhitungan dengan program, sehingga program yang akan digunakan telah tervalidasi dan layak digunakan.

4.3. PENGOLAHAN DATA

4.3.1. Inisialisasi Skenario VRP

4.3.2. Input Data

Data yang diperlukan sebagai input untuk program ini adalah data matriks jarak sesuai dengan urutan nomor SPBU, data permintaan BBM per jenis produk, jumlah dan kapasitas mobil tangki dan kendala *time windows* baik *time windows* pada *operation time* di depot maupun *time windows* di masing-masing SPBU. Data-data tersebut dimasukkan ke dalam format Ms.Excel 2007 untuk dapat

diproses oleh model program berbasis VBA yang telah dibangun. Data yang akan dimasukkan adalah data historis pada Selasa, tanggal 7 Juni 2011 dari Instalasi Bandung Group yang merupakan konsumsi terbesar dalam tahun 2011 ini, yaitu sebesar : Premium= 3.400 KL dan Solar = 1.160 KL.

4.3.2.1. Input Data Umum

Form ini merupakan form data umum yang sebaiknya diisi diawal, mengingat dalam form ini terdapat penetapan parameter, kriteria terminasi, banyaknya tujuan, jumlah depot, jumlah produk dan biaya-biaya. Tampilan form Data Umum dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut :

No	Data	Nilai
Data Permasalahan		
1	Jumlah Titik Suplai	2
2	Jumlah Titik Permintaan	208
3	Jumlah Kendaraan	76
4	Jumlah Produk	2
5	Jumlah Maksimum Tujuan Dalam Sebuah Trip	4
6	Biaya Jarak (Biaya / Jarak)	2920
7	Biaya Penalti untuk Permintaan Tidak Terpenuhi (Biaya / Unit Permintaan Tidak Terpenuhi)	0
Data Algoritma Tabu Search		
8	Jumlah Solusi Tetangga	60
9	Panjang Tabu List	30
Data Terminasi		
10	Jumlah Iterasi Maksimum	500

RUN ALGORITHM

Gambar 4.6. Format Tampilan Data Umum

4.3.2.2. Input Data Matriks Jarak

Pada *form* ini dilakukan input matriks jarak SPBU dengan mempergunakan data dari fungsi distribusi di Instalasi Bandung Group. Tampilan *form* data matriks jarak antar SPBU dapat dilihat pada gambar 4.7 berikut :

Tabel 1. Data Jarak
 Pada tabel ini diisi data jarak atau biaya pengiriman antar titik. Jumlah Titik adalah Jumlah Titik Suplai ditambah Jumlah Titik Permintaan.

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	0	0	6	44	44	11	6	5	5	10	10	2	6	3	7	3	5	7
2	0	0	24	29	29	12	14	17	16	9	10	21	14	17	13	17	17	12
3	6	24	0	47	48	14	10	7	9	15	15	4	11	7	12	8	8	12
4	44	29	47	0	0	33	39	41	40	36	37	46	39	41	37	41	40	38
5	44	29	48	0	0	33	39	41	40	36	37	46	39	41	37	41	40	38
6	11	12	14	33	33	0	6	7	7	7	7	13	7	8	4	8	7	6
7	6	14	10	39	39	6	0	4	2	5	5	8	1	3	2	3	3	2
8	5	17	7	41	41	7	4	0	2	9	9	5	5	2	5	2	1	6
9	5	16	9	40	40	7	2	2	0	7	7	6	3	2	3	1	1	4
10	10	9	15	36	36	7	5	9	7	0	1	12	5	8	5	8	8	3
11	10	10	15	37	37	7	5	9	7	1	0	12	4	8	4	7	8	2
12	2	21	4	46	46	13	8	5	6	12	12	0	8	5	9	5	6	9
13	6	14	11	39	39	7	1	5	3	5	4	8	0	4	3	3	4	2
14	3	17	7	41	41	8	3	2	2	8	8	5	4	0	5	1	2	5
15	7	13	12	37	37	4	2	5	3	5	4	9	3	5	0	4	4	3

Gambar 4.7. Format Tampilan Matriks Jarak

4.3.2.3. Input Data Tujuan / SPBU

Dengan form ini dapat didefinisikan *time window* di Depot dan masing-masing SPBU, waktu *loading* mobil tangki di Depot, serta kapasitas parkir kendaraan di masing-masing titik tujuan. *Form* ini juga dipakai untuk mendefinisikan apakah sistem *split delivery* dapat diijinkan pada lokasi tertentu.

Time window waktu operasi pengisian BBM di depot telah ditetapkan antara pukul 06.00 – 24.00 WIB. Waktu *loading* rata-rata adalah 30 menit (0,5 Jam), dimana untuk setiap tujuan diijinkan adanya *split delivery*. Tampilan *form input* data tujuan pengiriman dapat dilihat pada gambar 4.8.

Tabel 3. Data Tujuan

No.	Time Windows		Waktu Loading / Unloading	Split Delivery (0 = Tidak dan 1 = Ya)	Kapasitas Parkir Kendaraan (Unit)
	Awal	Akhir			
1	6	24	0,50	1	100
2	6	24	0,50	1	100
3	0	24	0,00	1	2
4	0	24	0,00	1	2
5	0	24	0,00	1	2
6	0	24	0,00	1	2
7	0	24	0,00	1	2
8	0	24	0,00	1	2
9	0	24	0,00	1	2
10	0	24	0,00	1	2
11	0	24	0,00	1	2
12	0	24	0,00	1	2
13	0	24	0,00	1	2
14	0	24	0,00	1	2
15	0	24	0,00	1	2
16	0	24	0,00	1	2
17	0	24	0,00	1	2

Gambar 4.8. Format Tampilan Data Tujuan / SPBU

4.3.2.4. *Input Data Permintaan SPBU*

Masing-masing permintaan SPBU dimasukkan dalam kolom yang tersedia. Urutan nomor 1 dan 2 pada tabel adalah Depot yang merepresentasikan Depot Ujung Berung dan Padalarang, sementara urutan 3 – 210 adalah SPBU. Karena dalam penelitian ini tidak diberlakukan penalti apabila terjadi kegagalan pengiriman BBM sesuai permintaan, maka kolom *demand* kapasitas dan kolom *demand* kapasitas minimum diisi dengan nilai yang sama. Artinya bahwa permintaan SPBU harus dapat terkirim seluruhnya sesuai permintaan. Gambar 4.9 adalah tampilan program *input* data permintaan SPBU.

No.	Demand/ Kapasitas Produk 1	Demand/ Kapasitas Minimum Produk 1	Demand/ Kapasitas Produk 2	Demand/ Kapasitas Minimum Produk 2
1	33833	33833	22774	22774
2	26495	26495	11966	11966
3	16	16	0	0
4	16	16	16	16
5	0	0	16	16
6	16	16	0	0
7	16	16	0	0
8	16	16	0	0
9	24	24	0	0
10	16	16	0	0
11	48	48	0	0
12	8	8	0	0
13	16	16	0	0

Gambar 4.9. Format Tampilan Data Permintaan BBM

4.3.2.5. *Input Data Kendaraan / Mobil Tangki*

Input data kendaraan dilakukan pada *sheet* khusus pada program. Dalam hal ini untuk masing-masing kendaraan ditentukan: kecepatan rata-ratanya, waktu *unloading* di SPBU, serta kapasitas kendaraan yang dialokasikan untuk masing-masing produk. Dalam hal ini pengalokasian kapasitas kendaraan dilakukan berdasarkan praktek yang selama ini dilakukan oleh pihak distribusi. Tampilan *form input* data kendaraan dapat dilihat pada gambar 4.10 berikut.

Tabel 5. Data Kendaraan
Satuan Waktu dapat dideklarasikan pada Tabel 3 pada kolom Time Windows.

No.	Kecepatan (Jarak / Satuan Waktu)	Posisi Awal Kendaraan	Waktu Unloading/ Serving	Kapasitas Kendaraan Produk 1	Kapasitas Awal Kendaraan Produk 1	Kapasitas Kendaraan Produk 2	Kapasitas Awal Kendaraan Produk 2
1	35	1	0,5	0	0	16	1
2	35	1	0,5	0	0	16	1
3	35	1	0,5	0	0	16	1
4	35	1	0,5	0	0	16	1
5	35	1	0,5	0	0	16	1
6	35	1	0,5	0	0	16	1
7	35	1	0,5	8	1	8	1
8	35	1	0,5	8	1	8	1
9	35	1	0,5	8	1	8	1
10	35	1	0,5	8	1	8	1
11	35	1	0,5	8	1	8	1
12	35	1	0,5	8	1	8	1

Gambar 4.10. Format Tampilan Data Kendaraan

4.3.2.6. Input Data Kendaraan Tujuan

Disamping data kendaraan, juga dilakukan input data kendaraan tujuan, maksudnya adalah untuk mendefinisikan apakah kendaraan diperbolehkan untuk mengirim BBM ke SPBU tertentu. Hal ini dilakukan untuk mengakomodir batasan sarana SPBU dimana sebagian SPBU memiliki lahan yang terbatas sehingga tidak dapat dimasuki oleh mobil tangki dengan kapasitas besar. Pada *form input* ini, diberikan nilai 1 jika kendaraan dapat melakukan pengiriman ke SPBU, sedangkan jika tidak diberi nilai 0. Tampilan *form input* data kendaraan tujuan dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.

Tabel 6. Data Tujuan Kendaraan
Tabel ini berfungsi untuk menugaskan sebuah kendaraan untuk melayani titik-titik tertentu. Jika 0 berarti kendaraan tidak diizinkan melayani titik tersebut

No. Kendaraan	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
9	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
10	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
11	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
13	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
14	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Gambar 4.11. Format Tampilan Data Kendaraan Tujuan

4.3.3. Eksekusi Program Algoritma

Setelah melakukan input data dan melakukan proses pengolahan data dengan program, maka output yang dihasilkan adalah total biaya distribusi, total jarak tempuh, jumlah *trip*, urutan rute pengiriman BBM pada masing-masing *trip* serta kapasitas pengirimannya. Dari program yang telah dibuat juga dapat dihasilkan tabel penjadwalan mobil tangki yang tersedia untuk memenuhi semua permintaan pengiriman BBM oleh SPBU.

Sebagaimana di sebutkan dalam bab sebelumnya, bahwa data permintaan yang akan dipergunakan adalah data permintaan BBM tanggal 7 Juni 2011 yang merupakan permintaan harian terbesar sepanjang tahun 2011. Dengan demikian diharapkan hasil perhitungan cukup dapat mewakili kondisi permintaan harian di Sales Area Bandung.

Setelah dilakukan *running* program, maka hasil perhitungan dapat terlihat pada gambar berikut:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	Total Biaya	Rp24.519.240												
2	Total Biaya Jarak	Rp24.519.240												
3	Total Biaya Penalti	0												
4	StartTime	23/06/2011 4:57												
5	EndTime	23/06/2011 6:46												
6	Feasibility	TRUE												
9	UrutanTujuanPola	139	34	57	129	59	104	28	50	182	86	70	145	126
10	UrutanSolusiDepotAwal	1	2	1	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1
11	UrutanSolusiDepotAkhir	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
12	UrutanSolusiKendaraan	11	60	24	71	52	57	64	24	68	62	31	11	57
13	NomorTrip	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
14	KedatanganKendaraan	6,928571	6,84286	6,67143	7,61429	6,95714	6,92857	6,81429	8,01429	8,35714	6,95714	6,58571	8,38571	9,07143
15	MulaiDiDepot	6	6	6	6	6	6	6	7,34286	6	6	6	7,68571	7,82857
16	AkhirDiDepot	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	6,5	7,84286	6,5	6,5	6,5	8,18571	8,32857
17	MulaiMelayani	6,928571	6,84286	6,67143	7,61429	6,95714	6,92857	6,81429	8,01429	8,35714	6,95714	6,58571	8,38571	9,07143
18	AkhirMelayani	7,428571	7,34286	7,17143	8,11429	7,45714	7,42857	7,31429	8,51429	8,85714	7,45714	7,08571	8,88571	9,57143
19	JarakTrip	24	21	12	59	25	29	19	12	114	24	6	14	52
20	JumlahTujuanTiapTrip	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2
21	DemandTrip ttd Product 1	8	16	16	16	16	16	16	8	16	16	16	8	16
22	DemandTrip ttd Product 2	8	0	0	16	0	0	0	0	8	0	0	8	8

Gambar 4.12. Format Tampilan Solusi Akhir Hasil Proses Komputasi

4.3.4. Rekapitulasi Data

Dari format Solusi Akhir tersebut, didapatkan rekapitulasi hasil pengolahan data yang menunjukkan Total Biaya, waktu komputasi dan total mutasi/pergerakan BBM di Depot 1 dan 2, serta penjadwalan kendaraan, sebagaimana terlihat pada tabel 4.7 dan 4.8 di bawah ini.

Tabel 4.7. Rekapitulasi Hasil Pengolahan Data

Komponen Output	Value	Depot	UJB	PDL
Total Biaya BBM dan Ban	Rp 24.519.240	Demand Produk 1	2.368 KL	1.216 KL
Waktu Mulai Komputasi	23/06/2011 4:57	Demand Produk 2	696 KL	512 KL
Waktu Akhir Komputasi	23/06/2011 6:46	Sisa Stok Produk 1	31.465 KL	25.279 KL
Total Waktu Komputasi	1:49	Sisa Stok Produk 2	22.078 KL	11.454 KL
Feasibility	TRUE			

Tabel 4.8. Penjadwalan Kendaraan Hasil *Output* Program

Kendaraan	Urutan Tujuan dan Nomor Trip					
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7	58 - 123	3 - 164	98 - 169	45 - 182	18 - 199	
8	174 - 49	7 - 52	8 - 93	167 - 230		
9	206 - 18	146 - 65	137 - 108	198 - 148	122 - 211	
10	10 - 70	152 - 78	149 - 84			
11	139 - 1	145 - 12	190 - 26	60 - 109		
12	26 - 23	180 - 42	47 - 72	3 - 130	18 - 153	72 - 188
13						
14	72 - 61	12 - 122				
15	158 - 25	198 - 176	177 - 195			
16	20 - 75					
17	75 - 55	128 - 62	81 - 97	31 - 150	105 - 165	
18	151 - 124					
19	66 - 152	55 - 227				
20						
21						
22	44 - 174					
23						
24	57 - 3	50 - 8	74 - 16	52 - 19	80 - 19	56 - 110
25						

Hasil Output program berupa penjadwalan (*scheduling*) pengiriman BBM ke masing-masing SPBU beserta rekapitulasi lengkap dapat dilihat pada bagian lampiran

4.4. ANALISA HASIL KOMPUTASI

Pada bagian analisis metode ini, akan dilakukan analisa terhadap algoritma yang digunakan serta analisa parameter yang ditetapkan untuk pengolahan data menggunakan program.

4.4.1. Analisa Algoritma

Penyelesaian masalah *Petrol Station Replenishment Problem* (PSRP) pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan program VBA *Excel* yang berbasis pada algoritma *Tabu Search*. Seperti telah disebutkan pada dasar teori, algoritma *Tabu Search* adalah sebuah metode optimasi yang berbasis pada *local search*. Proses pencarian bergerak dari satu solusi ke solusi berikutnya, dengan cara memilih solusi terbaik *neighbourhood* dari solusi sekarang (*current*) yang tidak tergolong solusi terlarang (*tabu*). Ide dasar dari algoritma *tabu search* adalah mencegah proses pencarian dari *local search* agar tidak melakukan pencarian ulang pada ruang solusi yang sudah pernah ditelusuri, dengan memanfaatkan suatu struktur memori yang mencatat sebagian jejak proses pencarian yang telah dilakukan.

Algoritma *Tabu Search* terbukti cukup ampuh untuk menyelesaikan persoalan optimasi yang kompleks dan banyak digunakan salah satunya untuk menyelesaikan persoalan *Vehicle Routing Problem* yang memiliki kompleksitas yang tinggi. Hal ini terlihat dari banyaknya jurnal-jurnal ilmiah yang menyatakan bahwa *Tabu Search* merupakan salah satu metode yang baik dan handal untuk menyelesaikan permasalahan VRP. Beberapa keunggulan *Tabu Search* dibandingkan algoritma lainnya, yaitu :

- Dapat menemukan solusi yang diatas lokal optimal.
- Dengan adanya struktur memory, memungkinkan metode ini dapat menemukan solusi optimal dalam waktu yang lebih singkat
- Dapat digunakan sebagai *hybrid system* dengan metode lainnya, misalnya : *Genetic Algorithm, Column Generation, dsb*
- Dapat diaplikasikan pada berbagai bidang, seperti : *Schedulling, Telecommunications, Design, Routing, dsb*

Kelemahan metode ini adalah kemungkinannya memproduksi hasil akhir, dalam hal ini adalah urutan rute pengiriman, jarak tempuh serta total biaya distribusi yang berbeda setiap kali melakukan *running* program, walaupun perbedaan yang dihasilkan tidak terlalu signifikan apalagi kalau program dijalankan dengan jumlah iterasi yang optimal.

4.4.2. Analisa Parameter

Keakuratan hasil *running* program optimasi salah satunya dipengaruhi oleh penentuan parameter kontrol yang tepat. Dalam algoritma *Tabu Search* ini ada 2 parameter kontrol yang harus didefinisikan oleh user yaitu jumlah solusi tetangga dan panjang *tabu list*. Berdasarkan percobaan dengan mengubah-ubah nilai parameter kontrol serta membandingkan hasilnya yang meliputi : total biaya yang dihasilkan serta waktu komputasi yang dibutuhkan, dapat ditentukan bahwa nilai optimal parameter kontrol tersebut adalah 60 untuk jumlah solusi tetangga dan 30 untuk parameter panjang *tabu list*.

Disamping menentukan parameter kontrol yang tepat, juga perlu ditentukan kriteria terminasi program, yaitu menetapkan kapan program akan berhenti. Ada 3 kriteria terminasi program, yaitu : waktu komputasi, jumlah iterasi, dan tercapainya nilai fungsi tujuan yang optimal. Dalam penelitian ini digunakan kriteria terminasi yaitu tercapainya fungsi tujuan yang optimal. Melalui percobaan dengan mengubah-ubah jumlah iterasi, dapat ditentukan bahwa jumlah iterasi yang mempergunakan waktu proses yang masih layak untuk dipergunakan sebagai system scheduling harian adalah 500 iterasi, dengan running time kurang lebih 1 jam dan 50 menit.

4.4.3. Analisa Program

Selama melakukan pengolahan data, program dapat dikatakan berjalan dengan baik. Hal ini terbukti dengan hasil solusi akhir yang selalu lebih baik dari solusi awal. Selain itu, hasil perhitungan jarak secara manual untuk rute-rute yang dihasilkan oleh program memberikan hasil yang sama dengan kalkulasi program.

Dalam menjalankan proses komputasi ini dipergunakan komputer dengan Processor Intel®Core™2 Duo P9700(2,8GHz) dengan memory 6GB. Dengan konfigurasi *hardware* tersebut, terlihat kelemahan program ini adalah waktu komputasi yang cukup lama, khususnya untuk menyelesaikan kasus-kasus yang

cukup kompleks, seperti halnya kasus pengiriman *multi produk* melalui *multi depot* dengan titik tujuan yang melebihi 150 titik, sehingga untuk diaplikasikan ke dalam program *scheduling* harian harus dilakukan pengurangan jumlah iterasi yang secara signifikan dapat menurunkan efektifitas hasil.

Dari sisi tampilan, program masih belum *user friendly* sehingga belum dapat dipergunakan oleh *user* yang belum berpengalaman. Selain itu, dengan dipergunakannya VBA yang berbasiskan pada *Ms. Excel* maka ruang gerak prosedur bahasa pemrograman Visual Basic mengalami beberapa keterbatasan, terutama dalam hal penggunaan data base dan interface program.

Walaupun demikian, dengan jumlah iterasi yang relatif rendah dibandingkan dengan algoritma jenis lain, program komputasi yang berbasiskan pada algoritma tabu search ini mampu memberikan hasil yang cukup memuaskan. Hal tersebut dapat dibuktikan dengan penurunan total biaya-biaya yang cukup signifikan yaitu $\pm 19,3\%$ pada iterasi ke 100 dan $\pm 29,3\%$ pada iterasi ke 500.

Dengan dipergunakannya *Ms.Excel*, walaupun terdapat beberapa keterbatasan pada sistem data base dan interface, namun dalam hal kekuatan proses perhitungan matematis *Ms.Excel* masih lebih unggul dibandingkan dengan program-program aplikasi matematis yang lain.

4.4.4. Analisa Hasil Optimasi Proses Pendistribusian BBM

Pada tahap analisa hasil optimasi proses pendistribusian BBM ini, akan dilakukan analisa terhadap rute dan jarak tempuh yang dihasilkan, analisa jumlah *trip*, serta analisa total biaya distribusi yang dihasilkan. Karena setiap hari perusahaan menerima jumlah permintaan yang berbeda-beda, maka data yang dipergunakan adalah data dengan permintaan harian tertinggi selama tahun 2011 yaitu pada tanggal 7 Juni 2011.

Perbandingan total jarak tempuh dan jumlah trip antara kondisi saat ini dengan hasil optimasi dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9. Perbandingan Total Jarak Tempuh dan Jumlah Trip Antara Kondisi Eksisting dan Hasil Optimasi

	Total Jarak Tempuh	Total Jumlah Trip
	km	
Dengan Rute Kondisi Eksisting	10.042	261
Dengan Rute Hasil Optimasi dgn iterasi maks 500	8.397	251
	-16,38%	-3,83%

Berdasarkan tabel diatas, total jarak tempuh pada kondisi eksisting adalah 10.042 km, sedangkan dengan rute baru dari hasil program optimasi didapatkan 8.397 km atau terdapat penurunan sebesar 16,38% .Sedangkan dari jumlah total trip penurunan terjadi dari 261 trip menjadi 251 trip atau terjadi penurunan kurang lebih 3,83%.

Adapun perhitungan pengaruh penurunan total jarak tempuh terhadap biaya distribusi total, dapat dilihat pada tabel 4.10 berikut :

Tabel 4.10. Perbandingan Biaya Total Distribusi

JENIS BIAYA	ELEMEN BIAYA	SATUAN	BIAYA SATUAN	VOLUME	TOTAL
KONDISI RUTE SAAT INI					
Fixed Cost	Gaji Sopir	Rp/hari	Rp 80.000	106	Rp 8.480.000
	Biaya Sewa Mobil				
	Mobil Tangki 16 KL	Rp/hari	Rp 606.700	30	Rp 18.201.000
	Mobil Tangki 24 KL	Rp/hari	Rp 737.900	39	Rp 28.778.100
	Mobil Tangki 32 KL	Rp/hari	Rp 1.025.767	7	Rp 7.180.369
Variable Cost	Biaya Bahan Bakar	Rp/km	Rp 1.800	10.042	Rp 18.075.600
	Biaya Penggantian Ban	Rp/km	Rp 1.120	10.042	Rp 11.247.040
TOTAL COST					Rp 91.962.109
KONDISI RUTE BARU HASIL OPTIMASI					
Fixed Cost	Gaji Sopir	Rp/hari	Rp 80.000	106	Rp 8.480.000
	Biaya Sewa Mobil				
	Mobil Tangki 16 KL	Rp/hari	Rp 606.700	30	Rp 18.201.000
	Mobil Tangki 24 KL	Rp/hari	Rp 737.900	39	Rp 28.778.100
	Mobil Tangki 32 KL	Rp/hari	Rp 1.025.767	7	Rp 7.180.369
Variable Cost	Biaya Bahan Bakar	Rp/km	Rp 1.800	8.397	Rp 15.114.600
	Biaya Penggantian Ban	Rp/km	Rp 1.120	8.397	Rp 9.404.640
TOTAL COST					Rp 87.158.709

Dengan perhitungan yang telah dilakukan pada tabel 4.14, maka dapat terlihat bahwa biaya total distribusi BBM dalam satu hari dengan rute baru hasil optimasi mengalami penurunan sebesar Rp.4.803.400,- atau sebesar 5,22% dibandingkan dengan rute eksisting saat ini.

Analisa Komparasi Skenario Setup Mobil Tangki

Untuk mengetahui lebih lanjut mengenai pengaruh setup pengangkutan produk pada kendaraan, dapat dilakukan komparasi / perbandingan antara hasil perhitungan dengan menggunakan kendaraan *dedicated-product* dengan hasil perhitungan dengan menggunakan kendaraan *multi-product*. Dari analisa komparasi tersebut didapatkan hasil sebagai mana terlihat pada tabel 4.11 dibawah ini.

Tabel 4.11. Komparasi Hasil Penggunaan Kendaraan *dedicated-product* vs. Penggunaan Kendaraan *multi-product*

Jenis Biaya	Skenario		Kondisi Saat Ini
	Dengan Kendaraan Dedicated-Product	Dengan Kendaraan Multi-Product	
TOTAL JARAK TRIP	7.486 km	8.397 km	10.042 km
JUMLAH TRIP	234 trip	251 trip	261 trip
WAKTU PROSES	1:45:45	1:49:18	-
JUMLAH KENDARAAN IDLE	1 unit (16 KL = 1unit)	14 unit (16 KL = 13 unit dan 24KL = 1 unit)	0 unit
TOTAL BIAYA BAHAN BAKAR DAN BAN	Rp 21.859.120 ,-	Rp 24.519.240 ,-	Rp 29.322.640 ,-
TOTAL BIAYA SEWA KENDARAAN	Rp 53.552.769 ,-	Rp 45.534.469 ,-	Rp 54.159.469 ,-
TOTAL BIAYA GAJI SOPIR	Rp 8.400.000 ,-	Rp 6.944.000 ,-	Rp 8.512.000 ,-
TOTAL BIAYA TRANSPORTASI	Rp 83.811.889 ,-	Rp 76.997.709 ,-	Rp 91.994.109 ,-

Berdasarkan tabel di atas, terlihat bahwa pengiriman dengan mobil tangki *dedicated-product* memberikan penurunan total jarak tempuh dan jumlah trip yang lebih besar, yaitu 25,45% dan 10,34% namun hanya terdapat 1 mobil tangki *idle*. Sehingga jika dilakukan perhitungan total biaya distribusi, dengan asumsi mobil *idle* dikeluarkan dari sistem, maka pengangkutan dengan mobil tangki *multi-product* akan lebih efisien dengan menurunkan biaya total ditribusi sebesar 16,3% dibandingkan dengan kondisi saat ini.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dengan mengambil studi kasus *Petrol Station Replenishment Problem (PSRP)* di Pertamina Sales Area Bandung dengan menggunakan Algoritma Tabu Search dan mediasi bahasa pemrograman *Visual Basic for Applications (VBA)* pada *Ms. Excel*, diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Penentuan rute pengiriman BBM harian dengan menggunakan algoritma Tabu Search ini telah menghasilkan rute distribusi baru yang lebih baik daripada rute yang selama ini digunakan oleh perusahaan
2. Total jarak tempuh turun 16,38%; biaya distribusi turun 5,22%; dan jumlah trip total turun 3,83%.
3. Penggunaan mobil tangki *multi-product* akan memberikan efisiensi terhadap total biaya pengiriman yang lebih besar dibandingkan dengan penggunaan mobil tangki *dedicated-product*. Hal ini disebabkan oleh pengurangan jumlah mobil tangki yang lebih besar. Sehingga untuk selanjutnya apabila penelitian diimplementasikan, maka akan didapatkan pengurangan jumlah mobil tangki sebanyak 14 unit
4. Dengan penurunan biaya total pengiriman BBM, maka penelitian ini dapat dipergunakan sebagai bahan evaluasi penetapan besaran ongkos angkut yang dibayarkan oleh Pertamina kepada perusahaan yang ditunjuk sebagai transportir pengiriman BBM ke SPBU.

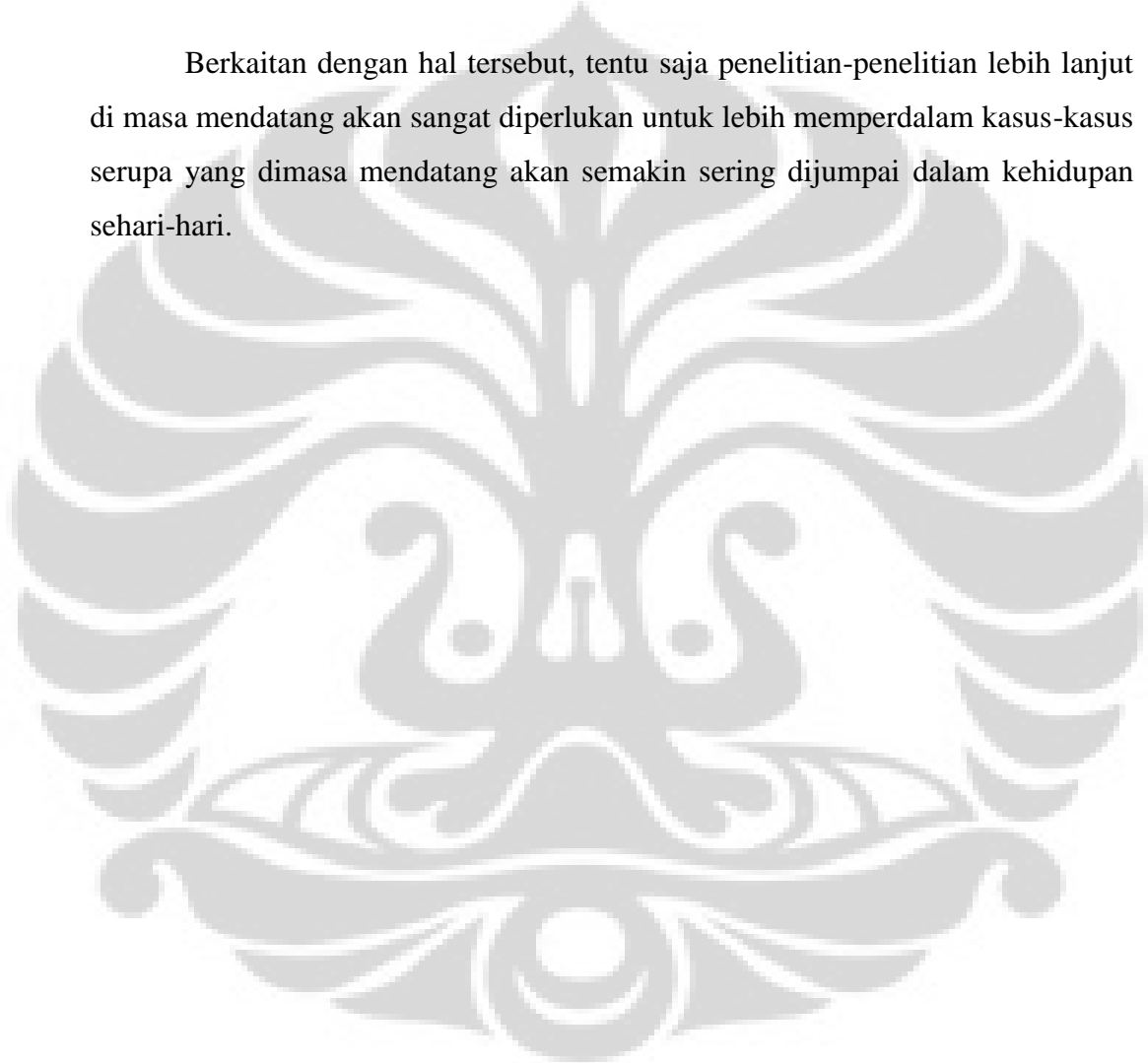
5.2. SARAN DAN USULAN PERBAIKAN

Sebagaimana diketahui sebelumnya bahwa penelitian ini mengambil tema *Petrol Station Replenishment Problem (PSRP)* dengan memadukan kendala *time windows*, *multi-product*, *multi-depot* dan *split deliveries* yang cukup jarang dan sangat sedikit referensinya.

Hal tersebut disebabkan oleh tingginya kompleksitas permasalahan ketika beberapa kendala utama yang biasa muncul sebagai kendala tunggal dalam *Vehicle Routing Problem (VRP)* dipadukan menjadi suatu kesatuan sistem.

Dengan pemakaian algoritma meta-heuristik Tabu Search sebenarnya telah cukup membantu untuk menentukan arah yang benar menuju global optimal pada kasus ini, namun demikian mengingat keterbatasan kemampuan mesin komputasi yang tersedia saat ini, hal tersebut belum dapat dilakukan secara optimal. Untuk meningkatkan efektifitas hasil penelitian maka disarankan penelitian selanjutnya dapat mempergunakan hardware komputasi yang lebih memadai dibandingkan dengan hardware komputasi yang dipergunakan dalam penelitian ini.

Berkaitan dengan hal tersebut, tentu saja penelitian-penelitian lebih lanjut di masa mendatang akan sangat diperlukan untuk lebih memperdalam kasus-kasus serupa yang dimasa mendatang akan semakin sering dijumpai dalam kehidupan sehari-hari.



DAFTAR REFERENSI

- Ballou, R.H. (2004). *Business logistics management* (5th ed). New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Ballou, R.H., & Agarwal, Y.K. (1998). A performance comparison of several popular algorithms for vehicle routing and scheduling. *Journal of Business Logistics*, Vol. 9 No.1, hal 51 - 65.
- Battiti, R. And G. Tecchiolli. 1994. *The Reactive tabu Search*, ORSA Journal on Computing 6, 126 – 140.
- Brian Ratcliffe, *Economy and Efficiency in Transport and Distribution 2nd Edition*, London: Kogan Page, Ltd, 1987, hal 69.
- Berbane Dorransoro Diaz, *What is VRP?*, 2004, <<http://neo.lcc.uma.es>>
- Bräysy, Olli & Gendreau, Michel, *Tabu Search Heuristics for the Vehicle Routing Problem with Time Windows*, SINTEF Applied Mathematics, Department of Optimization, Norway
- Bowersox, D.J. & Closs, D.J, (1996). *Logistical Management-The Integrated Supply Chain Process*, The McGraw-Hill Companies, Singapore.
- China International Electronic Commerce Network (2008, July 22). *Definition of Logistics and Supply Chain Management (SCM)*. July 23, 2008. http://en.ec.com.cn/article/enindustry/entransport/entreport/200807/631669_1.html
- Cornillier, Fabien, et al., (2007), *The Petrol Station Replenishment Problem With Time Windows*, Inter University Research Center on Enterprize Networks, Logistics and Transportatin (CIRRELT), Université Laval, Québec, Canada
- Cornillier, Fabien, et al., (2007), *A Heuristic for The Multi-Period Petrol Station Replenishment Problem*, Inter University Research Center on Enterprize Networks, Logistics and Transportatin (CIRRELT), Université Laval, Québec, Canada
- Cornillier, Fabien, et al., (2005), *An Exact Algorithm for The Petrol Station Replenishment Problem*, aNetwork Organisation Technology Research Center (CENTOR), Faculté des sciences de l'administration, Université Laval, Québec, Canada

- Cordeau, Jean-Francois, & Laporte, Gilbert (2002), *Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem*, Canada Research Chair in Distribution management and GERAD, Montreal , Canada
- Cordeau, Jean-Francois, et al., (2004), *New Heuristics for the Vehicle Routing Problem*, HEC Montreal, Canada
- Glover, Fred, Laguna, Manuel, & Marti, Rafael, *Principles of Tabu Search*, Leeds School of Business, University of Colorado
- Glover,F.,Taillard,E.,Werra,D.1993. *A User Guide to Tabu Search*, *Annals of Operation Research*, Vol. 41, 3-28
- Gendreau, Michel, et al. (1999), *A tabu Search Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem*, Centre de recherche sur les transports, Université de Montréal, Montreal, Canada
- Hillier, F.S. and Lieberman, G.J. (2005). *Introduction to Operation Research*. New York, NY: McGraw-Hill. 8th Ed.
- 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.
- Hertz, Alain, Taillard, Eric, & de Werra1, Dominique, *A Tutorial on Tabu Search*, université de Montréal, Centre de Recherche sur les Transports, Montréal, Canada
- Hoong Chuin Lau, Melvyn Sim, & Kwong Meng Teo (2003), *Vehicle Routing Problem with Time Windows and a Limited Number of Vehicles*, Department of Computer Science, School of Computing, National University of Singapore.
- Min Wen, et al., *A Multi-Level Variable Neighborhood Search Heuristic for a Practical Vehicle Routing and Driver Scheduling Problem*, Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, Denmark
- Min Wen, et al., (2009), *Vehicle Routing with Cross-Docking*, Department of Informatics and Mathematical Modeling, Technical University of Denmark, Denmark.
- Min Wen, et al., (2010), *The Dynamic Multi-Period Vehicle Routing Problem*, Department of Management Engineering, Technical University of Denmark, Denmark.

- Pham,D.T. and Karaboga, D. (2000). *Intelligent Optimisation Techniques – Genetic Algoritms, Tabu Search, Simulated Annealing and Neural Networks*. London: Springer-Verlag.
- Reeves, C.R. (ed.) 1995. *Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problems*. John Wiley & sons, Inc.
- Shapiro, Jeremy F. (2007). *Modeling the Supply Chain, Second Edition*. Thomson Brooks/Cole.
- Suyanto. (2010). *Algoritma Optimasi : Deterministik atau Probabilistik ?*. Graha Ilmu.
- Soehodho, Sutanto, & Pramono. (2003), *Proposal of Distribution Route with VRP Method : A Case Study at Pertamina Depot Plumpang*, Center for Transport Studies, Department of Civil Engineering, University of Indonesia
- Suprayogi, *Vehicle Routing problem – Definitions, Variants, and Applications*, Proceeding Seminar Nasional Perencanaan Sistem Industri 2003, pp.209-21, 2003
- Taillard, Eric, et al., *A Tabu Search Heuristic for The Vehicle Routing Problem with Soft Time Windows*,
- Toth, P., & Vigo, D. (2002). *The vehicle routing problem*. Philadelphia: Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Wassan, NA & Osman, IH (2002), *Tabu Search Variants for the Mix Fleet Vehicle Routing Problem*, University of Kent at Canterbury, Canterbury, UK



LAMPIRAN

Lampiran 1. Daftar SPBU Sales Area Bandung

DAFTAR SPBU SALES AREA BANDUNG

NO	NO SPBU	ALAMAT	KAB/KOTA
1	31.402.01	JL. KIARACONDONG	Kodya Bandung
2	31.405.01	KOTA BARU PARAHYANGAN KEL.KERTAJAYA	Kabupaten Bandung
3	31.406.01	JL. SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
4	31.411.01	JL.TOL PURBALEUNYI KM, DS SUKAJAYA	Kabupaten Purwakarta
5	31.411.02	JL TOL PURBALEUNYI KM	Kabupaten Purwakarta
6	34.401.01	JL. DR. SETIA BUDI NO.362	Kodya Bandung
7	34.401.02	JL. WASTU KENCANA	Kodya Bandung
8	34.401.03	JL KH MUSTHOPA SUCI	Kodya Bandung
9	34.401.04	JL TAMAN CIBEUNYING	Kodya Bandung
10	34.401.05	JL. RAYA CIMINDI	Kodya Bandung
11	34.401.06	JLN. RAYA CIBEUREUM	Kodya Bandung
12	34.401.08	JL RAYA CIKADUT	Kodya Bandung
13	34.401.09	JL KEBON KAWUNG	Kodya Bandung
14	34.401.10	JL TM BENGAWAN	Kodya Bandung
15	34.401.11	JL. CIPAGANTI NO:141	Kodya Bandung
16	34.401.13	JL MARTADINATA	Kodya Bandung
17	34.401.14	JL.PAHLAWAN NO- 16	Kodya Bandung
18	34.401.15	JL. ABD. RAHMAN SALEH	Kodya Bandung
19	34.401.16	JL. TERUSAN PASTEUR	Kodya Bandung
20	34.401.18	JL. GUNUNG BATU	Kodya Bandung
21	34.401.19	JL BRIGJEN KATAMSO	Kodya Bandung
22	34.401.20	JL. SURYA SUMANTRI 95	Kodya Bandung
23	34.401.21	JL CIHAMPELAS	Kodya Bandung
24	34.401.22	JL. IR. H. JUANDA	Kodya Bandung
25	34.401.23	JL. DR. JUNJUNAN/PASTEUR	Kodya Bandung
26	34.401.24	JL. DR. SETIA BUDI 47 PASTUR	Kodya Bandung
27	34.401.25	JL. DIPATIUKUR NO.53-55	Kodya Bandung
28	34.401.26	JL. RAJAWALI BARAT	Kodya Bandung
29	34.401.27	JL. TAMBLONG NO.3	Kodya Bandung
30	34.401.28	JL. SURAPATI NO.119	Kodya Bandung
31	34.401.29	JL. CIROYOM BARAT NO.42	Kodya Bandung
32	34.401.30	JL. SUNDA NO.76 B	Kodya Bandung
33	34.401.31	JL. GARUDA NO.92 KEL GA	Kodya Bandung
34	34.401.32	JL. SETIABUDI NO.128 KEL. HEGAR MER	Kabupaten Bandung
35	34.401.33	JL RE MARTADINATA NO 79 CITARUM	Kodya Bandung
36	34.401.34	JL. PASIR KALIKI NO.223 BANDUNG	Kabupaten Bandung
37	34.401.35	JL.PROF.SURYA SUMANTRI NO.36 SUKAGA	Kodya Bandung
38	34.402.01	JL SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
39	34.402.02	JL. SOEKARNO HATTA NO.576	Kodya Bandung
40	34.402.03	JL. TERUSAN PASIRKOJA	Kodya Bandung
41	34.402.04	JL LINGKAR SELATAN/PET	Kodya Bandung
42	34.402.05	JL SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
43	34.402.06	JL. LINGKAR SELATAN NO.362	Kodya Bandung
44	34.402.07	JL. SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
45	34.402.09	JL SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung

46	34.402.10	JL SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
47	34.402.11	JL CIWASTRA	Kodya Bandung
48	34.402.12	JL. TR. BUAH BATU	Kodya Bandung
49	34.402.13	JL.JEN.SUDIRMAN NO.579	Kodya Bandung
50	34.402.14	JL. KOPO NO.437A	Kodya Bandung
51	34.402.15	JL SOEKARNO HATTA 521	Kodya Bandung
52	34.402.16	JL KIARACONDONG	Kodya Bandung
53	34.402.17	JL. RAYA BKR NO.78A	Kodya Bandung
54	34.402.18	JL RY MARTANEGARA	Kodya Bandung
55	34.402.19	JL RY SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
56	34.402.20	JL RAYA PURWAKARTA	Kodya Bandung
57	34.402.21	JL. RAYA CIBADUYUT	Kodya Bandung
58	34.402.22	JL. MOH. TOHA PALASARI	Kodya Bandung
59	34.402.23	JL KOPO SAYATI	Kodya Bandung
60	34.402.24	JL.NANJUNG LAGADAR CIM	Kodya Bandung
61	34.402.25	JL.SOEKARNO-HATTA NO 5	Kodya Bandung
62	34.402.26	JL CIPAMOKOLAN NO.9	Kodya Bandung
63	34.402.27	JL.TERUSAN TOL PASIR KOJA	Kodya Bandung
64	34.402.28	JL. JEND. GATOT SUBROTO	Kodya Bandung
65	34.402.29	JL. RAYA BATUJAJAR	Kabupaten Bandung
66	34.402.30	JL LASWI NO:61KL	Kodya Bandung
67	34.402.32	JL TOL PADA LEUNYI	Kodya Bandung
68	34.402.33	JL BOJONG RY CARINGIN	Kodya Bandung
69	34.402.34	JL. TERUSAN JAKARTA	Kodya Bandung
70	34.402.35	JL RY CIWASTRA	Kodya Bandung
71	34.402.36	JL. LASWI NO.136	Kodya Bandung
72	34.402.37	JL. SOEKARNO HATTA NO.15	Kodya Bandung
73	34.402.38	JL TERUSAN BUAH BATU	Kodya Bandung
74	34.402.39	JL MOH TOHA NO:357	Kodya Bandung
75	34.402.40	JL. TERUSAN DAYEUHKOLOT	Kodya Bandung
76	34.402.41	JL CIUWASTRA RAMCASAR	Kodya Bandung
77	34.402.42	JL. KH. WAHID HASYIM NO.288 KOPO	Kodya Bandung
78	34.402.43	JL. TERUSAN CIBADUYUT	Kodya Bandung
79	34.402.44	JL. AH. NASUTION RT.02/15	Kodya Bandung
80	34.402.45	JL KOMP TAMAN KOPO IND	Kabupaten Bandung
81	34.402.46	JL RAYA SAYURAN DESA	Kabupaten Bandung
82	34.402.47	JL IBRAHIM ADJIE NO:13	Kodya Bandung
83	34.402.48	JL. HOLIS NO.95-97 WARUNG MUNCANG	Kodya Bandung
84	34.402.49	JL. JEND. A. YANI NO.324	Kodya Bandung
85	34.402.50	JL. RAYA GEDE BAGE SELATAN	Kodya Bandung
86	34.402.51	JL. KOPO SAYUTI NO:167 RT01/06	Kabupaten Bandung
87	34.402.52	JL KOPO BIBUL NO:88 SA	Kabupaten Bandung
88	34.402.53	JL.SOEKARNO HATTA NO.4 KEL.CIJAGRA	Kodya Bandung
89	34.402.54	JL.MOCH RAMDHAN 92 - KEL CIATEUL	Kodya Bandung
90	34.402.55	JL.TERUSAN PASIR KOJA 88 KEL. BABAK	Kodya Bandung
91	34.402.56	JL. PETA NOMOR 144	Kodya Bandung
92	34.402.57	JL.IBRAHIM ADJIE KIARA CONDONG KEL.	Kodya Bandung
93	34.402.58	JL. CIBORELANG RT02/08	Kabupaten Bandung
94	34.402.59	JL. JEND. SUDIRMAN NO.793	Kodya Bandung
95	34.402.60	JL. OTTO ISKANDAR DINATA NO.469	Kodya Bandung

96	34.402.61	JL.RAYA BOJONGSOANG DS.LENGKONG	Kabupaten Bandung
97	34.403.01	JL RAYA NAGREK	Kabupaten Bandung
98	34.403.02	JL RY CINUNUK	Kabupaten Bandung
99	34.403.03	JL RY RANCAEKEK	Kabupaten Bandung
100	34.403.04	JL DS CIPARAY	Kabupaten Bandung
101	34.403.05	JL RY LASWI MAJALAYA	Kabupaten Bandung
102	34.403.06	JL RY BANJARAN	Kabupaten Bandung
103	34.403.07	JL. RY DAYAKOLOT	Kabupaten Bandung
104	34.403.08	JL RY LEMBANG	Kabupaten Bandung
105	34.403.09	JL. RAYA LASWI MUL	Kabupaten Bandung
106	34.403.10	JL. RAYA CIBIRU	Kabupaten Bandung
107	34.403.11	JL RY SOREANG	Kabupaten Bandung
108	34.403.12	DS CIKANCUNG CICALENG	Kabupaten Bandung
109	34.403.13	JL BOJONGSOANG	Kabupaten Bandung
110	34.403.14	JL RY CICALENGKA WETAN	Kabupaten Bandung
111	34.403.15	L RY CIKALANG	Kabupaten Bandung
112	34.403.16	JL. RAYA BANJARAN	Kabupaten Bandung
113	34.403.17	JL RY PANGALENGAN	Kabupaten Bandung
114	34.403.18	JL. KOL. MASTURI LEMBANG	Kabupaten Bandung
115	34.403.19	JL. RAYA BY PASS CICALENGKA	Kabupaten Bandung
116	34.403.21	JL. RAYA CIBOGO LEMBANG	Kabupaten Bandung
117	34.403.22	JL.MANIRANCAN MAJALAYA	Kabupaten Bandung
118	34.403.23	JL RANCAKEK NO:2	Kabupaten Bandung
119	34.403.24	JL. RAYA SOREANG CIWIDEY	Kabupaten Bandung
120	34.403.25	JL. RY KOPO KEC. CIPARAY	Kabupaten Bandung
121	34.403.26	JL RAYA MAJALAYA	Kodya Bandung
122	34.403.27	SPBU 3440327	Kabupaten Bandung
123	34.403.28	JL RAYA CIPARAY LEMBUR	Kabupaten Bandung
124	34.403.29	JL RAYA CICALENGKA DES	Kabupaten Bandung
125	34.403.30	JL. RAYA MAJALAYA-CICALENGKA NO.135	Kabupaten Bandung
126	34.403.31	JL RAYA CICALENGKA NAG	Kabupaten Bandung
127	34.403.32	DESA CIARO NAGREK	Kabupaten Bandung
128	34.403.33	JL.RAYA RANCAEKEK MAJA DS.SELOKAN J	Kabupaten Bandung
129	34.403.34	JL.RAYA BANDUNG-GARUT KM 27 DS. NA	Kodya Bandung
130	34.403.35	JL. RAYA RANCAEKEK DESA LINGGAR	Kabupaten Bandung
131	34.403.36	JL. SUKAMENAK DESA RANCAMAYAR	Kabupaten Bandung
132	34.403.37	JL. RAYA PENGALENGAN KP. KIANGROKE	Kabupaten Bandung
133	34.403.38	JL. RAYA KAMASAN NO 280-282 BANJARA	Kabupaten Bandung
134	34.405.01	JL RY RAJAMANDALA	Kabupaten Bandung
135	34.405.02	JL. RY CIBABAT CIMAHI	Kabupaten Bandung
136	34.405.03	JL RY PADALARANG	Kabupaten Bandung
137	34.405.04	JL. RAYA CIKALONG	Kabupaten Bandung
138	34.405.05	JL RY GADOBANGKONG	Kabupaten Bandung
139	34.405.06	JL. RY CIPATIK CILILIN	Kabupaten Bandung
140	34.405.07	JL. RY. GADOBANGKONG	Kabupaten Bandung
141	34.405.08	JL. RAYA CIBURUY	Kabupaten Bandung
142	34.405.09	JL. RAYA CIKAMUNING	Kabupaten Bandung
143	34.405.10	JL BAROS CIMAHI	Kabupaten Bandung
144	34.405.11	JL. LEUWIGAJAH CIMAHI	Kabupaten Bandung
145	34.405.12	JL CEMPAKA MEKAR TAGOG	Kabupaten Bandung

146	34.405.13	JL. RAYA CARINGIN	Kabupaten Bandung
147	34.405.14	JL. RAYA CIPATAT	Kabupaten Bandung
148	34.405.15	JL RY MELONG	Kabupaten Bandung
149	34.405.16	JL. KERKOFF PADAKASIH	Kabupaten Bandung
150	34.405.17	JL. CITEUREP NO.69	Kabupaten Bandung
151	34.405.18	JL. CIHANJUANG CIBABAT, CIMAHI	Kabupaten Bandung
152	34.405.19	JL. MAYJEN H. AMIR MAHMUD RT.04/06	Kabupaten Bandung
153	34.405.20	JL. RAYA BARAT CIMAHI	Kodya Bandung
154	34.405.21	JL. RAYA BARAT CIMAHI N KEL. PADASU	Kabupaten Bandung
155	34.405.22	JL. BAROS NO.547 KEL.BA, CIMAHI	Kodya Bandung
156	34.405.23	JL. RAYA CIPATAT PADALARANG	Kodya Bandung
157	34.405.24	JL. SANGKURIANG CIMAHI	Kodya Bandung
158	34.405.25	DS. KARANG TANJUNG KEC. CILILIN	Kabupaten Bandung
159	34.406.01	JL RY CIPADUNG UJUNG B	Kodya Bandung
160	34.406.02	JL. SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
161	34.406.03	JL SOEKARNO HATTA	Kodya Bandung
162	34.406.04	JL RY UJUNG BERUNG	Kodya Bandung
163	34.406.05	JL. AH. NASUTION CIPADUNG	Kodya Bandung
164	34.406.06	JL. RAYA RUMAH SAKIT CINAMBO, UJUNG	Kodya Bandung
165	34.409.01	JL RY KOPO KETAPANG	Kabupaten Bandung
166	34.409.02	JL CIWIDEY	Kabupaten Bandung
167	34.409.03	JL KATAPANG	Kabupaten Bandung
168	34.409.04	JL. RY. SOREANG	Kabupaten Bandung
169	34.409.05	JL SOREANG BANJARAN	Kabupaten Bandung
170	34.409.06	LOKASI DS. GAJAH MEKAR	Kabupaten Bandung
171	34.409.07	JL. RAYA SOREANG CIMAHI	Kodya Bandung
172	34.409.08	CIWIDEY SITUPATENGGANG	Kabupaten Bandung
173	34.411.01	JL. RY BENDUL PLERED	Kabupaten Purwakarta
174	34.411.02	JL. RAYA CILALAWI	Kabupaten Purwakarta
175	34.411.03	JL. RY. KEBON KOLOT	Kabupaten Purwakarta
176	34.411.04	JL RAYA CIGANEA	Kabupaten Purwakarta
177	34.411.05	JL RY CIBENING	Kabupaten Purwakarta
178	34.411.06	JL RY CIKUMPAY	Kabupaten Purwakarta
179	34.411.07	JL RAYA CILODONG	Kabupaten Purwakarta
180	34.411.08	JL RY KAPT HALIM	Kabupaten Purwakarta
181	34.411.09	KP. LEBAKWANGI DARANG	Kabupaten Purwakarta
182	34.411.10	JL RY CABATU K MEKAR	Kabupaten Purwakarta
183	34.411.11	JL RAYA BUNGUR	Kabupaten Purwakarta
184	34.411.12	JL RY CITEKO PLERED	Kabupaten Purwakarta
185	34.411.13	JL. RAYA PURWAKARTA	Kabupaten Purwakarta
186	34.411.14	JL PURWAKARTA KM 14	Kabupaten Purwakarta
187	34.411.15	JL. RY. CIKAMPEK DS. CIBE	Kabupaten Purwakarta
188	34.411.16	JL PRAMUKA JATILUHUR	Kabupaten Purwakarta
189	34.411.17	JL. RAYA CIKOPO	Kabupaten Purwakarta
190	34.411.18	JL VETERAN KB KOLOT	Kabupaten Purwakarta
191	34.411.19	JL. IPIK GANDAMANAH MU	Kabupaten Purwakarta
192	34.411.20	JL. RAYA PURWAKARTA SUBANG	Kabupaten Purwakarta
193	34.411.21	JL. RAYA WANAYASA	Kabupaten Purwakarta
194	34.411.22	JL RAYA SADANG	Kabupaten Purwakarta
195	34.411.23	JL. ALTERNATIF PURWAKARTA	Kabupaten Purwakarta

196	34.411.24	JL ANJUN DESA BABEKAN	Kabupaten Purwakarta
197	34.411.25	JL. TOL CIPULARANG KM.72+800 (A)	Kabupaten Purwakarta
198	34.411.26	JL. LETJEN BASUKI RAHMAT NO.129	Kabupaten Purwakarta
199	34.411.28	JL.TOL PURBALEUNYI KM.97+800 (B) DS	Kabupaten Purwakarta
200	34.412.01	JL RY PUSAKA NEGARA	Kabupaten Subang
201	34.412.03	BATANGSARI PEMANUKAN	Kabupaten Subang
202	34.412.04	JL. RY. KALIJATI	Kabupaten Subang
203	34.412.05	JL RY PASIR KAREUMBI	Kabupaten Subang
204	34.412.06	JL.RAYA CIASEM	Kabupaten Subang
205	34.412.07	JL RY SUKAMELANG	Kabupaten Subang
206	34.412.08	JL RY PATOK BESI	Kabupaten Subang
207	34.412.09	JL PEMANUKAN	Kabupaten Subang
208	34.412.10	JL RAYA PEMANUKAN	Kabupaten Subang
209	34.412.11	JL RY KALIJATI	Kabupaten Subang
210	34.412.12	JL RAWA BADAQ	Kabupaten Subang
211	34.412.13	JL PANTURA CIASEM	Kabupaten Subang
212	34.412.14	JL. RAYA KALISUMBER	Kabupaten Subang
213	34.412.15	JL RY PAGADEN SUBANG	Kabupaten Subang
214	34.412.16	JL RY SUBANG DS TAMBAK	Kabupaten Subang
215	34.412.17	JL.RAYA MUNDUSARI	Kabupaten Subang
216	34.412.18	JL RY PEMANUKAN	Kabupaten Subang
217	34.412.19	DESA PAKUHAJI SUBANG	Kabupaten Subang
218	34.412.20	JL RAYA PADUASIH	Kabupaten Subang
219	34.412.21	JL. RAYA CIKAMPEK SUKAMANDI	Kabupaten Subang
220	34.412.22	JL. RAYA CIASEM PEMANUKAN	Kabupaten Subang
221	34.412.23	JL KAPT PIERE TENDEAN	Kabupaten Subang
222	34.412.24	JL MAYJEND MT HARYONO	Kabupaten Subang
223	34.412.25	JL. RAYA KASOMALANG KUL	Kabupaten Subang
224	34.412.26	JL RAYA SUBANG PEGADEN	Kabupaten Subang
225	34.412.27	JL. KALIJATI - CIASEM DESA WANAKART	Kabupaten Subang
226	34.412.28	JL. ACHMAD YANI PONCOL RANGGAWULUNG	Kabupaten Subang
227	34.412.29	JL. KP. SUKARESMI RT.001/001 MANYET	Kabupaten Subang
228	34.431.01	JL. KH. SANUSI NO.30	Kodya Sukabumi
229	34.431.02	JL. RAYA CIRUMPUT	Kodya Sukabumi
230	34.431.03	JL. RAYA CIBOLANG	Kodya Sukabumi
231	34.431.04	JL.PELABUHAN 2	Kodya Sukabumi
232	34.431.05	JL. JEND. SUDIRMAN	Kodya Sukabumi
233	34.431.06	JL. RY. CIMANGKOK	Kodya Sukabumi
234	34.431.07	JL. RAYA OTISTA 215	Kodya Sukabumi
235	34.431.08	JL. RAYA CIMAHPAR	Kodya Sukabumi
236	34.431.09	JL. RY CIPARAY JAMPANG	Kodya Sukabumi
237	34.431.10	JL. RY. CIBADAK CIMAHI	Kodya Sukabumi
238	34.431.11	JL RH DIDI S-BAROS	Kabupaten Sukabumi
239	34.431.12	JL.PELABUHAN KM.13	Kabupaten Sukabumi
240	34.431.13	JL.PERINTIS KEMERDEKAAN KP.KBN.JERU	Kodya Sukabumi
241	34.431.14	JL.RAYA SUREDE DS.JAYA MUKTI, KEC.S	Kabupaten Sukabumi
242	34.431.15	JL. RAYA CIMAJA KEC.SURADE	Kabupaten Sukabumi
243	34.431.16	JL. RAYA KOSASIH, KEL. CISARUA	Kodya Sukabumi
244	34.431.17	JL. RAYA PURABAYA KEL. PURABAYA	Kabupaten Sukabumi
245	34.432.01	JL. RY BOJONG CIANJUR	Kabupaten Cianjur

246	34.432.02	JL.RAYA CIBEBER	Kabupaten Cianjur
247	34.432.03	JL RY CIRANJANG	Kabupaten Cianjur
248	34.432.04	JL. IR. H. JUANDA CIANJUR	Kabupaten Cianjur
249	34.432.05	JL RY CIANJUR NO:46	Kabupaten Cianjur
250	34.432.07	JL. RAYA CIHERANG PACET	Kabupaten Cianjur
251	34.432.08	JL. DR. MUWARDI, CIPANAS	Kabupaten Cianjur
252	34.432.09	JL RY CIJEDIL CIHERANG	Kabupaten Cianjur
253	34.432.10	JL. RY. GUNUNG JATI	Kabupaten Cianjur
254	34.432.11	JL. RAYA CIRANJANG CIANJUR	Kabupaten Cianjur
255	34.432.12	JL RY CIKALONG KULON	Kabupaten Cianjur
256	34.432.13	JL. RAYA SUKANEGARA	Kabupaten Cianjur
257	34.432.14	JL. RAYA CILAKU	Kabupaten Cianjur
258	34.432.15	JL. RAYA RANCAGOONG	Kabupaten Cianjur
259	34.432.16	JL RAYA SUKABUMI KM 1	Kabupaten Cianjur
260	34.432.17	JL. RY. CIPEUYEUM, CIRANJANG	Kabupaten Cianjur
261	34.432.18	JL.TERUSAN ARIA WIRA A	Kabupaten Cianjur
262	34.432.19	JL. SUKANAGARA CIANJUR	Kabupaten Cianjur
263	34.432.20	JL RY JONGGOL CIANJUR	Kabupaten Cianjur
264	34.432.21	JL. RAYA CUGENANG NO.7	Kabupaten Cianjur
265	34.432.22	JL HAINJAWAR PACET	Kabupaten Cianjur
266	34.432.23	JL. CIANJUR JONGGOL	Kabupaten Cianjur
267	34.432.24	JL RAYA CIBEBER KM 10,	Kabupaten Cianjur
268	34.432.25	JL.RAYA CIANJUR SUKABUMI, DS. JAMBU	Kabupaten Cianjur
269	34.432.26	JL. RAYA PUNCAK CIPANAS	Kabupaten Cianjur
270	34.432.27	JL.PERINTIS KEMERDEKAAN DESA SIRNAG	Kabupaten Cianjur
271	34.433.01	JL.RY. KADUPUGAR	Kabupaten Sukabumi
272	34.433.02	KARANG TENGAH CIBADAK	Kabupaten Sukabumi
273	34.433.03	JL. RAYA CICURUG	Kabupaten Sukabumi
274	34.433.04	JL. KIDANG KENCANA	Kabupaten Sukabumi
275	34.433.05	JL PARUNG KUDA	Kabupaten Sukabumi
276	34.433.06	JL. RY CIKEMBANG	Kabupaten Sukabumi
277	34.433.07	JL. RAYA CIBADAK	Kabupaten Sukabumi
278	34.433.08	JL.RAYA CITARIK PELABUHAN RATU	Kabupaten Sukabumi
279	34.433.09	JL SILIWANGI	Kabupaten Sukabumi
280	34.433.10	JL.RY.CISOLEK KM 10 P	Kabupaten Sukabumi
281	34.433.11	JL.RAYA PARUNG KUDA	Kabupaten Sukabumi
282	34.433.12	JL.RAYA PELABUHAN RATU KEC.PELRATU	Kabupaten Sukabumi
283	34.433.13	KAMP. ANGKRAK DS. PAMUNUYU	Kabupaten Sukabumi
284	34.453.01	CIPACING CIKERUH	Kabupaten Sumedang
285	34.453.02	JL RAYA SUMEDANG	Kabupaten Sumedang
286	34.453.03	JL SAMOJA	Kabupaten Sumedang
287	34.453.04	JL RY TANJUNGSARI	Kabupaten Sumedang
288	34.453.05	JL RY CIKALONG TOMO	Kabupaten Sumedang
289	34.453.06	JL RY SUKATALI	Kabupaten Sumedang
290	34.453.07	JL RY CIBULERANG	Kabupaten Sumedang
291	34.453.08	JL RAYA LEGOK	Kabupaten Sumedang
292	34.453.09	JL. PRABU GAJAH AGUNG	Kabupaten Sumedang
293	34.453.10	JL. RAYA JATINANGOR	Kabupaten Sumedang
294	34.453.11	JL. CIMALAKA	Kabupaten Sumedang
295	34.453.12	CIROMED TANJUNG SARI	Kabupaten Sumedang

296	34.453.13	DS CINTASARI	Kabupaten Sumedang
297	34.453.14	JL. SUMEDANG BANDUNG	Kabupaten Sumedang
298	34.453.15	JL RY CIPACING RANCA E	Kabupaten Sumedang
299	34.453.16	JL RAYA CIBEREUM	Kabupaten Sumedang
300	34.453.17	JL. RY TOMO KADIPATEN	Kabupaten Sumedang
301	34.453.18	JL RAYA UJUNG JAYA	Kabupaten Sumedang
302	34.453.19	JL RY CIKAMURANG DS CI	Kabupaten Sumedang
303	34.453.20	JL RAYA DARMAJA	Kabupaten Sumedang
304	34.453.21	JL RAYA WADO SUMEDANG	Kabupaten Sumedang
305	34.453.22	JL RAYA SUMEDANG CIREB	Kabupaten Sumedang
306	34.453.23	JL RAYA BANDUNG CIREBO	Kabupaten Sumedang
307	34.453.24	JL.RAYA SUMEDANG-CIREBON,DUSUN CIJE	Kabupaten Sumedang


```

ReDim PosisiAwalKendaraan (JumlahKendaraan)

ReDim KendaraanTujuan (JumlahKendaraan, JumlahDepot + JumlahTujuan)

'Tabel Jarak
For i = 1 To JumlahD
    For j = 1 To J
        TabelJar = Cells(2 + i, 2 +
j).Value
    Next j
Next i

'Data tuju
For i = 1
    Sheets("Da
3).Value
4).Val
5).Va
6).V
7).
Next

'De
For
    JumlahPro
    Jumlah.
    ind(i, j)
    sitasDeman
j,
    lue
    indMinimum(1
    She
    sitasDemand'
    i + 2)
Next

'Da
For
    hKendaraan
    ndaraan(i) = She
i, 3)
    ndaraan(i) = Shee
i, 4).
    mlahProduk
    ndaraan(j, i) =
    Sheets(
    lls(4 + i, 4 +
Next i
Kapasitask
For i = 1 T
    For j = .
    If Kapasit
    Kapasit
    End If
    Next j
Next i

'Data kendaraan tujuan
For i = 1 To JumlahKendaraan
    For j = 1 To JumlahDepot + JumlahTujuan
        KendaraanTujuan(i, j) =
    Sheets("DataKendaraanTujuan").Cells(4 + i, 2 + j).Value

```

```

        Next j
    Next i

    ReDim JumlahTujuanMuncul(JumlahDepot + JumlahTujuan)
    For i = 1 To JumlahDepot
        JumlahTujuanMuncul(i) = 1
    Next i
    For i = JumlahDepot + 1 To JumlahDepot + JumlahTujuan
        If IsSplitDelivery(i) = 1 Then
            Dim TotalDemand As Double
            TotalDemand = 0
            For j = 1 To JumlahProduk
                TotalDemand = TotalDemand + DataDemand(j, i)
            Next j
            JumlahTujuanMuncul(i) = Round(TotalDemand /
            KapasitasKendaraanTerkecil + 0.5)
        Else
            JumlahTujuanMuncul(i) = 1
        End If
    Next i
    TotalPanjangPola = 0
    For i = JumlahDepot + 1 To JumlahDepot + JumlahTujuan
        TotalPanjangPola = TotalPanjangPola + JumlahTujuanMuncul(i)
    Next i
    ReDim PolaTujuan(TotalPanjangPola)
    Dim AngkaTemp As Integer
    Dim PenunjukTujuan As Integer
    AngkaTemp = 0
    PenunjukTujuan = JumlahDepot + 1
    For i = 1 To TotalPanjangPola
        AngkaTemp = AngkaTemp + 1
        PolaTujuan(i) = PenunjukTujuan
        If AngkaTemp = JumlahTujuanMuncul(PenunjukTujuan) Then
            AngkaTemp = 0
            PenunjukTujuan = PenunjukTujuan + 1
        End If
    Next i

End Sub

Public Property Get GetTabelJarak() As Variant
    GetTabelJarak = TabelJarak
End Property

Public Property Get GetDataDemand() As Variant
    GetDataDemand = DataDemand
End Property

Public Property Get GetDataDemandMinimum() As Variant
    GetDataDemandMinimum = DataDemandMinimum
End Property

Public Property Get GetTimeWindowsAwal() As Variant
    GetTimeWindowsAwal = TimeWindowsAwal
End Property

Public Property Get GetTimeWindowsAkhir() As Variant
    GetTimeWindowsAkhir = TimeWindowsAkhir
End Property

Public Property Get GetWaktuLoading() As Variant

```

```

        GetWaktuLoading = WaktuLoading
End Property

Public Property Get GetKapasitasKendaraan() As Variant
    GetKapasitasKendaraan = KapasitasKendaraan
End Property

Public Property Get GetKecepatanKendaraan() As Variant
    GetKecepatanKendaraan = KecepatanKendaraan
End Property

Public Property Get GetPolaTujuan() As Variant
    GetPolaTujuan = PolaTujuan
End Property

Public Property Get GetKendaraanTujuan() As Variant
    GetKendaraanTujuan = KendaraanTujuan
End Property

Public Property Get GetIsSplitDelivery() As Variant
    GetIsSplitDelivery = IsSplitDelivery
End Property

Public Property Get GetPosisiAwalKendaraan() As Variant
    GetPosisiAwalKendaraan = PosisiAwalKendaraan
End Property

Public Property Get GetJumlahTujuanMuncul() As Variant
    GetJumlahTujuanMuncul = JumlahTujuanMuncul
End Property

```

CLASS MODULE: VRP SOLUTION

```

Option Explicit 'every variables must be declared first
Option Base 1 'start arrays with one

```

```

Dim myVRPData As VRPData
'Dim UrutanTujuanPola() As Integer
Dim UrutanTujuanPola() As Integer
Dim UrutanTujuanAkhirdepot() As Integer
Dim UrutanKendaraan() As Integer
Dim UrutanTujuanKontinyu() As Double
Dim UrutanTujuanAkhirdepotKontinyu() As Double
Dim UrutanKendaraanKontinyu() As Double
Dim UrutanSolusiDepot() As Integer
Dim UrutanSolusiDepotAkhirdepot() As Integer
Dim UrutanSolusiKendaraan() As Integer
Dim NomorTrip() As Integer
'Dim KedatanganKendaraan() As Double
'Dim MulaiMelayani() As Double
'Dim AkhirMelayani() As Double

Dim KedatanganKendaraanDiPolaTujuan() As Double
Dim MulaiMelayaniDiPolaTujuan() As Double
Dim AkhirMelayaniDiPolaTujuan() As Double
Dim PosisiAwalKendaraanSekarangpadaDepot() As Integer
Dim WaktuKendaraanSekarang() As Double

Dim MulaiMelayaniDiDepot() As Double
Dim AkhirMelayaniDiDepot() As Double

```

```

Dim DemandTrip() As Double
Dim DemandDepot() As Double
Dim JumlahTujuanTiapTrip() As Integer

Dim DemandTujuanTerlayani() As Double
Dim TambahanDemandTujuanTerlayaniTemp() As Double
Dim UnfulfilledDemand() As Double
Dim UnfulfilledDemandCompulsary() As Double

Dim CounterKemunculanTujuan() As Double

Dim JarakTrip() As Double
Dim TotalJarak As Double
Dim JumlahTrip As Integer
Dim SolutionFeasibility As Boolean
Dim FeasibleTujuan() As Boolean
Dim TotalUnfulfilledDemandCompulsary As Double
Dim BiayaTotalJarak, BiayaTotalPenalti, BiayaTotal As Double
Dim NomorTujuan, NomorKendaraan As Integer

Dim HasBeenAssigned() As Boolean
Dim i, j, k, l As Integer
Dim BarisKe, KolomKe As Integer
Dim First, Second, IntegerTemp, urutanKe As Integer
Dim IntegerTempArray() As Integer
Dim randTemp As Double

Public Sub SetVRPData(ByRef iVRPData As Variant)
    Set myVRPData = iVRPData
    Call DataInitialize
End Sub

Private Sub DataInitialize()
    ReDim UrutanTujuanPola(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanTujuanPola(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanTujuanAkhirDepot(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanKendaraan(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanTujuanKontinyu(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim
    UrutanTujuanAkhirDepotKontinyu(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanKendaraanKontinyu(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanSolusiDepot(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanSolusiDepotAkhir(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim UrutanSolusiKendaraan(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim NomorTrip(myVRPData.TotalPanjangPola)
    'ReDim MulaiMelayani(myVRPData.TotalPanjangPola)
    'ReDim AkhirMelayani(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim DemandTrip(myVRPData.JumlahProduk,
myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim DemandDepot(myVRPData.JumlahProduk,
myVRPData.JumlahDepot)
    ReDim DemandTujuanTerlayani(myVRPData.JumlahProduk,
myVRPData.JumlahDepot + myVRPData.JumlahTujuan)
    ReDim UnfulfilledDemand(myVRPData.JumlahProduk,
myVRPData.JumlahDepot + myVRPData.JumlahTujuan)
    ReDim UnfulfilledDemandCompulsary(myVRPData.JumlahProduk,
myVRPData.JumlahDepot + myVRPData.JumlahTujuan)
    ReDim JarakTrip(myVRPData.TotalPanjangPola)
    ReDim JumlahTujuanTiapTrip(myVRPData.TotalPanjangPola)
    TotalJarak = 0
    JumlahTrip = 0

```

```

        ReDim
KedatanganKendaraanDiP          TotalPanjangPola)
        ReDim MulaiMela          TotalPanjangPola)
        ReDim AkhirMe          talPanjangPola)
        ReDim Waktu          "endaraan)

End Sub

Public Sub
    For

                                Denonung
                                ntinyu(i) = Rnc

        N
        /                                eger
                                unction

End

Pr                                rer()

                                As Double
                                nyuTemp() As Dc
                                ) As Double
        Temp
        rTemp
        i As Boc

        anKontiny          nKontinyu
        rutanTujua
        To myVRPData
        TujuanPola(i)          laTuju

        bble sort
        lse
        ted = False
        True
        To myVRPData.Tot
        tanTujuanKontinyu
Uru:          uTemp(i + 1) Then
        ed = False
        Temp = UrutanTuju
        iuanKontinyuTemp
Urutan          + 1)

                                .mp

                                . + 1)

        Next
    Loop

    UrutanTujuanAk.
UrutanTujuanAkhirDepo
    'Initial UrutanTujua.          urf
    IntegerTemp = 0
    For i = 1 To myVRPData.TotalPanjangPola
        IntegerTemp = IntegerTemp + 1
        If IntegerTemp > myVRPData.JumlahDepot Then
            IntegerTemp = 1
        End If
    
```

```

        UrutanTujuanAkhirdDepot(i) = IntegerTemp
    Next i
    'perform bubble sort
    Sorted = False
    Do While Sorted = False
        Sorted = True
        For i = 1 To r - 1
            If UrutanTujuanAkhirdDepot(i) > UrutanTujuanAkhirdDepot(i + 1) Then
                IntegerTemp = UrutanTujuanAkhirdDepot(i)
                UrutanTujuanAkhirdDepot(i) = UrutanTujuanAkhirdDepot(i + 1)
                UrutanTujuanAkhirdDepot(i + 1) = IntegerTemp
            End If
        Next i
        Sorted = False
    Loop

    'repa
    For i = 1 To myVRPData.JumlahDepot
        If myVRPData.JumlahDepot(i) > 0 Then
            Do While UrutanTujuanAkhirdDepot(i) = 0
                UrutanTujuanAkhirdDepot(i) = Fix(Rnd * (myVRPData.JumlahDepot)) + 1
            Loop
        End If
    Next i

```



```

        If DemandTrip(i, NomorTripSekarang) +
myVRPData.GetDataDemand(i,
UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang)) -
DemandTujuanTerlayani(i,
UrutanTujuanPola(NomorTu...)) >
myVRPData.GetKapasita...
UrutanKendaraan(Nom...

False

        Used = True ... capacity

myVRP...
UrutanTujuanPola...
UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang))
        Is not be splitted
        Is no single proa...
        Is able

myVRPData.Jumlah...
myVRPData.GetDataDemand...
UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang)) -
UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang)) > 0 Then
        Is not(i,
        Is not(Kendaraan...))

PosisiAwalKendaraanSekarang +
myVRPData.GetDataDemand...
UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang) -
DemandTujuanTerlayani(i,
UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang)) >=
myVRPData.GetDataDemand(i,
UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang))

End ...
End If
Next i
If Counter >= my
VehicleCanBeU...
End If

Counter = UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang) + 1
If Counter >= myVRPData.NomorUrutanPolaSekarang) Then
        Counter = 1
        UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang) = UrutanTujuanPola(NomorUrutanPolaSekarang) + 1
        DemandTujuanTerlayani(i, UrutanTujuanPola(NomorTujuanPolaSekarang)) = DemandTujuanTerlayani(i, UrutanTujuanPola(NomorUrutanPolaSekarang) + 1)
        PosisiAwalKendaraanSekarang = PosisiAwalKendaraanSekarang + UrutanTujuanPola(NomorUrutanPolaSekarang) - DemandTujuanTerlayani(i, UrutanTujuanPola(NomorUrutanPolaSekarang))
        Counter = Counter + 1
    End If
End Sub

```



```

                                If
MulaiMelayaniDiDepotTemp < AkhirMelayaniDiDepot(i) And
MulaiMelayaniDiDepot(i) < -                               DepotTemp Then
                                Counter = Counter + 1

AkhirmelayaniDiDer                                     And
AkhirmelayaniDiΓ                                       en

EarliestDocki

                                .next i
                                If Counter >=
myVRPD (Uruta                                     g(PosisiAwalKenda                                     depot
                                anSekarang))) The
GetMa                                     MulaiMelayaniDi.
                                EarliestDocking.
Mula                                     AkhirMelayaniDiDe,
myVl                                     lKendaraanSekara                                     u
tan                                     ))
                                hirMelayaniDiDe
my\                                     eWir.                                     alKendaraanSek
(U:                                     (Nomc                                     )) Then
                                leCanBeUsed

                                ingCapaci

                                Loop
                                End If
                                If Vehicle                                     en

Mul.                                     pot (NomorTujuan.
Mula                                     otTemp

Akhil.                                     t (NomorTujuanPola
Akhir                                     Temp
                                and If

                                tanganKendaraanDi
AkhirMe.                                     TujuanPolaSekar
myVRPDat                                     awalKen                                     (Uruta
nKendaraa
UrutanTuju
myVRPData.G                                     araanSeka
rang))

                                n the trip

                                unTemp =
WaktuKendaraanSekara.                                     jaraanSekarang)) +
myVRPData.GetTabelJarak \                                     orTujuanPolaSekarang -
1), UrutanTujuanPola (NomorTu,                                     arang)) /
myVRPData.GetKecepatanKendaraan (UrutanKendaraan (NomorKendaraanSeka
rang))

                                End If
                                MulaiMelayaniDiPolaTujuanTemp =
GetMax (KedatanganKendaraanDiPolaTujuanTemp,

```

```

myVRPData.GetTimeWindowsAwal (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang)))
    AkhirMelayaniDiPolaTemp =
    MulaiMelayaniDiPolaTemp =
    myVRPData.GetWaktuAwal (UrutanTujuanPolaSekarang
    ))

myVRPData.GetWaktuAkhir (UrutanTujuanPolaSekarang)
rang)) Then

    CounterOfVehicleCannotBeUsed = CounterOfVehicleCannotBeUsed + 1
    CounterOfNumberOfVehicleCannotBeUsed = CounterOfNumberOfVehicleCannotBeUsed
    VehicleCanBeUsed = False

    VehicleCanBeUsed = True

    If CounterOfVehicleCannotBeUsed = 0 Then
        'perform feasible journey or make new journey
        If VehicleCanBeUsed = True Then
            CounterOfNumberOfVehicleCannotBeUsed = 0
            CounterOfVehicleCannotBeUsed = 0
            VehicleCanBeUsed = True
        End If
    End If
End If

'perform feasible journey or make new journey
If VehicleCanBeUsed = True Then
    CounterOfNumberOfVehicleCannotBeUsed = 0
    CounterOfVehicleCannotBeUsed = 0
    VehicleCanBeUsed = True
End If

```

```

CounterKemunculanTujuan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) )
=
CounterKemunculanTujuan (UrutanTujuanPolaSekarang)
+ 1

PosisiAwalKendaraan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang))

UrutanTujuan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

UrutanKendaraan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

NomorTrip (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

KedatanganTempat (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Mula (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Akhir (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Ke (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Ke (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

= (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

= (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Wa (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Ak (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

If (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

myVRPData (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

ang (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

ReDim (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Tamk (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

For i = 1 To myVRPData (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

TambahkanDemand (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

GetM (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

Urutan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

NomorTrip (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

UrutanTujuan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

DemandTujuan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

UrutanTujuan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

myVRPData (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang)

PosisiAwalKendaraan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang))

PosisiAwalKendaraan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang))

PosisiAwalKendaraan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang))

PosisiAwalKendaraan (UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) =
nSekarang))

DemandTrip (i, NomorTripSekarang)

TambahkanDemandTujuanTerlayaniTemp (i, NomorTripSekarang)

DemandDepot (i, NomorTripSekarang)

PosisiAwalKendaraanSekarangPadaDepot (UrutanKendaraan (NomorKendaraan
nSekarang)) = DemandDepot (i, NomorTripSekarang)

```



```

PosisiAwalKendaraanSekarangPadaDepot (UrutanKendaraan (NomorKendaraanSekarang)) + TambahanDemandTujuanTerlayaniTemp(i)
    DemandTujuanTerlayani(i,
UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang)) =
DemandTujuanTerlayani(i,
UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang)) +
TambahanDemandTujuanTerlayaniTemp(i)

```

```

k = 1
DemandTrip(i) = DemandTujuanTerlayani(i, UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang))
PosisiAwalKendaraanSekarang = PosisiAwalKendaraanSekarang
PosisiAwalKendaraanSekarang = PosisiAwalKendaraanSekarang
UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) = UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang)
UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) = UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang)
UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang) = UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang)

```

```

If JumlahDemandTujuanTerlayaniTemp(i) > 0 Then
    JarakTripSekarang = Jarak(UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang))
Else If JumlahDemandTujuanTerlayaniTemp(i) < 0 Then
    JarakTripSekarang = Jarak(UrutanTujuanPola (NomorTujuanPolaSekarang))

```

```

JumlahDemandTujuanTerlayaniTemp(i) = JumlahDemandTujuanTerlayaniTemp(i) - 1

```

```

CounterOfNumberOfVehicle = CounterOfNumberOfVehicle + 1
If CounterOfNumberOfVehicle > JumlahKendaraanThen
    Looping - more vehicle can be used
End If

```

```

'check whether the previous trip has been closed
or not
'if the previous trip has not been closed, close
the trip, update the vehicle and update NomorTripSekarang
If JumlahTujuanTiapTrip(NomorTripSekarang) > 0
Then

WaktuKendaraanSekarang (UrutanTujuanKendaraanSekarang) =
WaktuKendaraanSekarang (UrutanTujuanKendaraanSekarang) +
myVRPData.GetTabelJarak(NomorKendaraanSekarang,
UrutanTujuanPolaSekarang -
1), UrutanTujuanKendaraanSekarang - 1) /
myVRPData.GetKapasitasKendaraanSekarang)

PosisiAwalKendaraanSekarang = UrutanTujuanKendaraanSekarang - 1)

JarakTempuhKendaraanSekarang = myVRPData.GetTabelJarak(NomorKendaraanSekarang -
1), UrutanTujuanKendaraanSekarang - 1)

NomorKendaraanSekarang =
UrutanTujuanKendaraanSekarang = NomorTujuanPolaSekarang -
1)

NomorKendaraanSekarang =
UrutanTujuanKendaraanSekarang = NomorTujuanPolaSekarang -
1)

End If

'check if looping
If Looping = 1

```

```

        If NomorTujuanPolaSekarang >
myVRPData.TotalPanjangPola Or NomorKendaraanSekarang >
myVRPData.TotalPanjangPola Or NomorDepotSekarang >
myVRPData.TotalPanjangPola
        Loopin
        End If
    End If

    'check
    If Lr
        Then

myVRPData

    TujuanTer
    RPData.GetDataL
    Urutan
    Urutar

        ing = True
        For

            \ Then Exit For

        = 0
        o myVRP.
        rak = Tou
        la
        o(i)

        o myVRPData.
        kTrip(i) > 0
        lahTrip = Nomo.

        myVRPData.JumlahE
        To myVRPData.Juml.
        lledDemand(i, j)
j) -
        i)

        Ne

        Tot.
        For
            E
            lahDepot
+ myVRPDat
            jemand(i,
j) - DemandTu
            Ur.
            .x(0,
myVRPData.GetDac
            derlayani(i,
j))

            TotalUn.
TotalUnfulfilledDema
            edDemandCompulsary(i,
j)

        Next j
    Next i

    For i = 1 To myVRPData.JumlahProduk

```

```

        For j = 1 To myVRPData.JumlahDepot
            If UnfulfilledDemand(i, j) < 0 Then
                SolutionFeasibility = False
                Exit For
            End If
        Next j
        If SolutionFeasibility = True Then
            Exit For
        End If
    Next i

    For j = myVRPData.JumlahDepot + 1 To myVRPData.JumlahKendaraan
        Feasibility = True
        For k = 1 To myVRPData.JumlahDepot
            UnfulfilledDemandComp = UnfulfilledDemandComp + myVRPData.BiayaKendaraan * myVRPData.BiayaKendaraan * UnfulfilledDemandComp
        Next k
        myVRPData.BiayaTotalPenalty = myVRPData.BiayaTotalPenalty + UnfulfilledDemandComp
    Next j

End Sub

Public Sub UrutanTujuanPola(i As Integer)
    Dim UrutanTujuanPola As Integer()
    Dim First As Integer
    Dim Second As Integer
    Dim FirstTemp As Integer
    Dim SecondTemp As Integer
    Dim FirstTempArray As Integer()
    Dim UrutanKe As Integer

    First = 1
    Second = 1

    Do While First < Second
        FirstTemp = First
        SecondTemp = Second
        First = (First + Second) \ 2
        Second = (FirstTemp + SecondTemp) \ 2
    Loop

    ReDim IntegerTempArray(1 To Second)
    UrutanKe = 0

```

```

For i = Second To First Step -1
    urutanKe = urutanKe + 1
    IntegerTempArray(urutanKe) = UrutanTujuanPola(i)
Next i
urutanKe = 0
For i = First To Second Step -1
    urutanKe = urutanKe + 1
    IntegerTempArray(urutanKe) = UrutanTujuanPola(i)
Next i
Call CetakUrutan()
End Sub

Public Sub ChangeTujuan()
    First = PData.JumlahTujuan
    Second = PData.JumlahTujuan - 1
    IntegerTempArray(First) = UrutanTujuanPola(Second)
    IntegerTempArray(Second) = UrutanTujuanPola(First)
End Sub

Public Sub UrutanTujuan()
    Dim UrutanTujuan As Integer()
    ReDim UrutanTujuan(First To Second)
    For i = First To Second
        UrutanTujuan(i) = Rnd * (Second - First + 1) + First
    Next i
    Call UrutanUrutan()
    Call ChangeTujuan()
End Sub

Public Sub UrutanUrutan()
    Dim UrutanUrutan As Integer()
    ReDim UrutanUrutan(First To Second)
    For i = First To Second
        UrutanUrutan(i) = Rnd * (Second - First + 1) + First
    Next i
    Call CetakUrutan()
End Sub

Public Sub CetakUrutan()
    Dim UrutanUrutan As Integer()
    ReDim UrutanUrutan(First To Second)
    For i = First To Second
        UrutanUrutan(i) = Rnd * (Second - First + 1) + First
    Next i
    Call CetakUrutan()
End Sub

Public Sub CetakUrutan()
    Dim UrutanUrutan As Integer()
    ReDim UrutanUrutan(First To Second)
    For i = First To Second
        UrutanUrutan(i) = Rnd * (Second - First + 1) + First
    Next i
    Call CetakUrutan()
End Sub

```

```

    urutanKe = 0
    For i = First To Second
        urutanKe = urutanKe + 1
        UrutanTujuanAkhirdDepot(i) = IntegerTempArray(urutanKe)
    Next i
    Call CalculateObjectiveFunction

End Sub

Public Sub PerformT
    First = Round(
    Second = Round

    IntegerT
    UrutanT
    Urutan

    Call
    End Sub

Public
    ChangeDepotNumber
    Data.JumlahTujuan

    = UrutanTujuanA
+ 1

    ) > myVRPData.Ju
    ) = 1

    teObj
End

Public
    ormLocalS
    nd(Rnd * (i
    nd(Rnd * (i
    = UrutanKenda

    cond Then
    irst To Second
    Kendaraan(i) = 0

    raan(Second) = In
    econd Then
    To Second + 1 St
    raan(i) = Urutan

    ond) = Integer

End
Call
End Sub

Public Sub F
    First = R
    Second = R

    Do While First
        First = Round
        Second = Round
    Loop

```



```

        getTotalJarak = TotalJarak
    End Property

    Public Property Get
        getBiayaTotal
    End Property

    Public Property
        getSol
    End Property

    Public
        ge
    End P

    Publ
        utanTujuan (iUruta
        utanTujuan
    End

    Pu
        tujuanAkhirdapot (,
        UrutanTujuanAkh.
    E

    l
        y
        nAk
        anAk.
        uanAkhirdapot
        tujuanAkhirdap

        ty Get Ge
        Kendaraan
        As Varian

        ty Set SetUru,
        nKenc

        araan = iUruta.
    E

    Pa
        DataToWorksheet (.

    'D
        nDebug sheet if
    On
        t
    App.
        lerts = False
    Shee
        Delete
    On E
    Applic
        True

    'Add ne.
    Workshee
    ActiveShee
    BarisKe = 1
    Sheets (NamaW
        tal Biaya"
    Sheets (NamaWol
        ayaTotal
    Sheets (NamaWorks
        je = "Total Biaya
    Jarak"
    Sheets (NamaWorksheet,
        ,.Value =
    BiayaTotalJarak
    Sheets (NamaWorksheet).Cells (BarisKe + 2, 1).Value = "Total Biaya
    Penalti"
    Sheets (NamaWorksheet).Cells (BarisKe + 2, 2).Value =
    BiayaTotalPenalti

```



```

        Sheets (NamaWork
JumlahTujuanTiapTri
        For j = 1
            She
        KolomKe).Value
        Next
    End If
Next i

BarisKe
Sheets (
For i =
    Sh
    "Dem
    $
myVRP
Next
Kol
    Fo

        or,
        myV
        NamaWo
        = Deman
        my
        Ne

        Ba
        She
        She
        For
        "Dem
        $
myVRP
        Sh
myVRPDa
        & i
Next i
KolomKe =
For i = my
myVRPData.0
        KolomKe
        Sheets (Na
        Sheets (Nama
FeasibleTujuan(i,
        For j = 1 To my
            Sheets (NamaWo
        KolomKe).Value = Demand
            Sheets (NamaWorksheet,
myVRPData.JumlahProduk, KolomKe).Value = UnfulfilledDemand(j, i)
            Sheets (NamaWorksheet).Cells (BarisKe + 1 + j + 2 *
myVRPData.JumlahProduk, KolomKe).Value =
UnfulfilledDemandCompulsary(j, i)
        Next j
Next i

End Sub

```

```

Public Function GetMax(First, Second) As Variant
    If Second > First Then
        GetMax = Second
    Else
        GetMax = First
    End If
End Function

```

```

Public Function
    If f
    E

```

```

End

```

```

CJ

```

```

(
    variables must be dec
    with one

```

```

    .
    l
    As
    ore, l
    Total1
    tionFeas
    ahTripTab
    abu As Boo
    rUpdateTabu

```

```

    ithm()
    Now
    ----- Ran
    r
    -----

```

```

    ----- Ambil da
    -----

```

```

D
my
    VRPData
    Worksheet

```

```

'---
-----
    ---- Buat initi
    -----

```

```

Dim s
Solusi
SolusiA
For i =
    Dim m_
    mySolusi
    mySolutio
    If IsBette
        Set Solusi
    End If
    Set mySolution = Now
Next i

```

```

'-----Tampilkan solusi awal terbaik -----
-----

```


Lampiran 3. Pengecekan Penuhan Permintaan SPBU

PENGECEKAN PEMENUHAN PERMINTAAN SPBU

Tujuan	Feasible	Demand Terlayani1	Demand Terlayani2	Demand Tidak Terlayani1	Demand Tidak Terlayani2	KewajibanD emand Tidak Terlayani 1	KewajibanD emand Tidak Terlayani 2	Tujuan	Feasible	Demand Terlayani1	Demand Terlayani2	Demand Tidak Terlayani1	Demand Tidak Terlayani2	Kewajiban Demand Tidak Terlayani 1	Kewajiban Demand Tidak Terlayani 2	Tujuan	Feasible	Demand Terlayani1	Demand Terlayani2	Demand Tidak Terlayani1	Demand Tidak Terlayani2	Kewajiban Demand Tidak Terlayani 1	Kewajiban Demand Tidak Terlayani 2
3	TRUE	16	0	0	0	0	0	73	TRUE	16	0	0	0	0	0	143	TRUE	32	0	0	0	0	0
4	TRUE	16	16	0	0	0	0	74	TRUE	16	0	0	0	0	0	144	TRUE	16	0	0	0	0	0
5	TRUE	0	16	0	0	0	0	75	TRUE	32	8	0	0	0	0	145	TRUE	24	8	0	0	0	0
6	TRUE	16	0	0	0	0	0	76	TRUE	8	8	0	0	0	0	146	TRUE	16	0	0	0	0	0
7	TRUE	16	0	0	0	0	0	77	TRUE	16	0	0	0	0	0	147	TRUE	16	0	0	0	0	0
8	TRUE	16	0	0	0	0	0	78	TRUE	16	16	0	0	0	0	148	TRUE	16	0	0	0	0	0
9	TRUE	24	0	0	0	0	0	79	TRUE	32	16	0	0	0	0	149	TRUE	32	16	0	0	0	0
10	TRUE	16	0	0	0	0	0	80	TRUE	8	0	0	0	0	0	150	TRUE	32	0	0	0	0	0
11	TRUE	48	0	0	0	0	0	81	TRUE	40	0	0	0	0	0	151	TRUE	16	0	0	0	0	0
12	TRUE	8	0	0	0	0	0	82	TRUE	16	16	0	0	0	0	152	TRUE	32	8	0	0	0	0
13	TRUE	16	8	0	0	0	0	83	TRUE	8	0	0	0	0	0	153	TRUE	16	0	0	0	0	0
14	TRUE	16	0	0	0	0	0	84	TRUE	16	0	0	0	0	0	154	TRUE	32	16	0	0	0	0
15	TRUE	32	0	0	0	0	0	85	TRUE	16	0	0	0	0	0	155	TRUE	16	0	0	0	0	0
16	TRUE	8	0	0	0	0	0	86	TRUE	16	0	0	0	0	0	156	TRUE	16	16	0	0	0	0
17	TRUE	16	0	0	0	0	0	87	TRUE	32	8	0	0	0	0	157	TRUE	16	16	0	0	0	0
18	TRUE	48	16	0	0	0	0	88	TRUE	16	0	0	0	0	0	158	TRUE	24	8	0	0	0	0
19	TRUE	16	0	0	0	0	0	89	TRUE	16	0	0	0	0	0	159	TRUE	16	16	0	0	0	0
20	TRUE	16	0	0	0	0	0	90	TRUE	16	8	0	0	0	0	160	TRUE	16	0	0	0	0	0
21	TRUE	16	0	0	0	0	0	91	TRUE	16	0	0	0	0	0	161	TRUE	16	16	0	0	0	0
22	TRUE	16	0	0	0	0	0	92	TRUE	8	0	0	0	0	0	162	TRUE	16	0	0	0	0	0
23	TRUE	16	16	0	0	0	0	93	TRUE	8	0	0	0	0	0	163	TRUE	32	16	0	0	0	0
24	TRUE	16	16	0	0	0	0	94	TRUE	16	8	0	0	0	0	164	TRUE	16	0	0	0	0	0
25	TRUE	16	0	0	0	0	0	95	TRUE	8	0	0	0	0	0	165	TRUE	32	0	0	0	0	0
26	TRUE	24	16	0	0	0	0	96	TRUE	16	0	0	0	0	0	166	TRUE	16	0	0	0	0	0
27	TRUE	16	0	0	0	0	0	97	TRUE	16	0	0	0	0	0	167	TRUE	24	0	0	0	0	0
28	TRUE	32	0	0	0	0	0	98	TRUE	16	16	0	0	0	0	168	TRUE	0	16	0	0	0	0
29	TRUE	16	8	0	0	0	0	99	TRUE	16	0	0	0	0	0	169	TRUE	16	0	0	0	0	0
30	TRUE	16	0	0	0	0	0	100	TRUE	16	0	0	0	0	0	170	TRUE	0	8	0	0	0	0
31	TRUE	16	0	0	0	0	0	101	TRUE	16	0	0	0	0	0	171	TRUE	16	0	0	0	0	0
32	TRUE	32	0	0	0	0	0	102	TRUE	16	16	0	0	0	0	172	TRUE	16	0	0	0	0	0
33	TRUE	16	0	0	0	0	0	103	TRUE	16	0	0	0	0	0	173	TRUE	0	16	0	0	0	0
34	TRUE	16	0	0	0	0	0	104	TRUE	24	0	0	0	0	0	174	TRUE	16	16	0	0	0	0
35	TRUE	32	0	0	0	0	0	105	TRUE	16	0	0	0	0	0	175	TRUE	16	0	0	0	0	0
36	TRUE	16	8	0	0	0	0	106	TRUE	16	16	0	0	0	0	176	TRUE	16	16	0	0	0	0
37	TRUE	0	8	0	0	0	0	107	TRUE	16	0	0	0	0	0	177	TRUE	24	0	0	0	0	0
38	TRUE	8	0	0	0	0	0	108	TRUE	8	8	0	0	0	0	178	TRUE	16	16	0	0	0	0

39	TRUE	8	8	0	0	0	0	109	TRUE	16	0	0	0	0	0	179	TRUE	16	0	0	0	0	0
40	TRUE	0	16	0	0	0	0	110	TRUE	16	16	0	0	0	0	180	TRUE	24	0	0	0	0	0
41	TRUE	16	0	0	0	0	0	111	TRUE	8	0	0	0	0	0	181	TRUE	16	0	0	0	0	0
42	TRUE	16	0	0	0	0	0	112	TRUE	0	16	0	0	0	0	182	TRUE	32	24	0	0	0	0
43	TRUE	16	8	0	0	0	0	113	TRUE	16	16	0	0	0	0	183	TRUE	24	16	0	0	0	0
44	TRUE	16	0	0	0	0	0	114	TRUE	16	16	0	0	0	0	184	TRUE	24	16	0	0	0	0
45	TRUE	8	0	0	0	0	0	115	TRUE	16	0	0	0	0	0	185	TRUE	32	16	0	0	0	0
46	TRUE	16	8	0	0	0	0	116	TRUE	16	0	0	0	0	0	186	TRUE	32	16	0	0	0	0
47	TRUE	16	16	0	0	0	0	117	TRUE	16	0	0	0	0	0	187	TRUE	16	16	0	0	0	0
48	TRUE	0	16	0	0	0	0	118	TRUE	16	0	0	0	0	0	188	TRUE	16	0	0	0	0	0
49	TRUE	8	8	0	0	0	0	119	TRUE	16	0	0	0	0	0	189	TRUE	16	0	0	0	0	0
50	TRUE	8	0	0	0	0	0	120	TRUE	16	0	0	0	0	0	190	TRUE	16	16	0	0	0	0
51	TRUE	16	0	0	0	0	0	121	TRUE	24	0	0	0	0	0	191	TRUE	32	0	0	0	0	0
52	TRUE	8	0	0	0	0	0	122	TRUE	16	16	0	0	0	0	192	TRUE	8	0	0	0	0	0
53	TRUE	16	0	0	0	0	0	123	TRUE	8	8	0	0	0	0	193	TRUE	16	8	0	0	0	0
54	TRUE	16	0	0	0	0	0	124	TRUE	16	0	0	0	0	0	194	TRUE	16	8	0	0	0	0
55	TRUE	8	0	0	0	0	0	125	TRUE	0	16	0	0	0	0	195	TRUE	16	0	0	0	0	0
56	TRUE	16	0	0	0	0	0	126	TRUE	8	0	0	0	0	0	196	TRUE	16	8	0	0	0	0
57	TRUE	32	0	0	0	0	0	127	TRUE	32	16	0	0	0	0	197	TRUE	16	0	0	0	0	0
58	TRUE	16	0	0	0	0	0	128	TRUE	16	0	0	0	0	0	198	TRUE	32	24	0	0	0	0
59	TRUE	16	0	0	0	0	0	129	TRUE	16	16	0	0	0	0	199	TRUE	16	0	0	0	0	0
60	TRUE	16	16	0	0	0	0	130	TRUE	16	0	0	0	0	0	200	TRUE	16	8	0	0	0	0
61	TRUE	16	0	0	0	0	0	131	TRUE	16	0	0	0	0	0	201	TRUE	16	16	0	0	0	0
62	TRUE	16	16	0	0	0	0	132	TRUE	32	16	0	0	0	0	202	TRUE	8	16	0	0	0	0
63	TRUE	32	0	0	0	0	0	133	TRUE	16	0	0	0	0	0	203	TRUE	16	8	0	0	0	0
64	TRUE	32	0	0	0	0	0	134	TRUE	16	0	0	0	0	0	204	TRUE	0	8	0	0	0	0
65	TRUE	8	8	0	0	0	0	135	TRUE	32	0	0	0	0	0	205	TRUE	0	16	0	0	0	0
66	TRUE	16	0	0	0	0	0	136	TRUE	32	16	0	0	0	0	206	TRUE	16	16	0	0	0	0
67	TRUE	16	0	0	0	0	0	137	TRUE	24	24	0	0	0	0	207	TRUE	0	16	0	0	0	0
68	TRUE	24	0	0	0	0	0	138	TRUE	32	16	0	0	0	0	208	TRUE	16	0	0	0	0	0
69	TRUE	16	16	0	0	0	0	139	TRUE	24	48	0	0	0	0	209	TRUE	16	0	0	0	0	0
70	TRUE	16	0	0	0	0	0	140	TRUE	0	8	0	0	0	0	210	TRUE	8	0	0	0	0	0
71	TRUE	32	8	0	0	0	0	141	TRUE	0	8	0	0	0	0								
72	TRUE	32	16	0	0	0	0	142	TRUE	16	8	0	0	0	0								

Lampiran 5. Pengecekan Rute Trip Kendaraan

PENGECEKAN RUTE TRIP

Kendaraan	Kapasitas		Urutan Tujuan dan Nomor Trip									
	Prem	Solar										
1	0	16										
2	0	16										
3	0	16										
4	0	16										
5	0	16										
6	0	16										
7	8	8	58 - 123	3 - 164	98 - 169	45 - 182	18 - 199					
8	8	8	174 - 49	7 - 52	8 - 93	167 - 230						
9	8	8	206 - 18	146 - 65	137 - 108	198 - 148	122 - 211					
10	8	8	10 - 70	152 - 78	149 - 84							
11	8	8	139 - 1	145 - 12	190 - 26	60 - 109						
12	8	8	26 - 23	180 - 42	47 - 72	3 - 130	18 - 153	72 - 188	185 - 208	53 - 222		
13	8	8										
14	8	8	72 - 61	12 - 122								
15	8	8	158 - 25	198 - 176	177 - 195							
16	16	0	20 - 75									
17	16	0	75 - 55	128 - 62	81 - 97	31 - 150	105 - 165					
18	16	0	151 - 124									
19	16	0	66 - 152	55 - 227								
20	16	0										
21	16	0										
22	16	0	44 - 174									
23	16	0										
24	16	0	57 - 3	50 - 8	74 - 16	52 - 19	80 - 19	56 - 110				
25	16	0										
26	16	0										
27	16	0	131 - 44	11 - 221								
28	16	0	85 - 98	30 - 203								
29	16	0	32 - 107									
30	16	0										
31	16	8	70 - 11	90 - 128	77 - 139	32 - 224	72 - 226	53 - 247	173 - 247	185 - 247		
32	16	8	18 - 102	111 - 154	62 - 154	188 - 178						
33	16	8	108 - 113	106 - 116	99 - 136	68 - 180						
34	16	8	194 - 86	40 - 189	113 - 198	71 - 220						
35	16	8	124 - 31	184 - 33	24 - 91	125 - 101	97 - 101	54 - 121	118 - 201			
36	16	8	109 - 90	135 - 228	82 - 228	175 - 234						
37	16	8	22 - 66	145 - 197	196 - 237							
38	16	8	101 - 63	51 - 105	102 - 118	169 - 118	117 - 145	25 - 218				
39	16	8	26 - 64	65 - 71	5 - 77	199 - 77	156 - 209					
40	16	8	19 - 111	6 - 120	89 - 143	29 - 157	57 - 159	127 - 173				
41	16	8	148 - 28	183 - 45	210 - 126	104 - 126	171 - 155	168 - 155	203 - 167			
42	16	8	138 - 30	206 - 76								
43	16	8	63 - 38	40 - 38	64 - 39	36 - 58	82 - 85	98 - 104	23 - 166	132 - 192		
44	16	8	189 - 27	134 - 69	114 - 83							
45	16	8	116 - 141	185 - 193	157 - 210							
46	16	8	119 - 17	69 - 53	41 - 147	184 - 156	67 - 156	113 - 216	130 - 216			
47	16	8	183 - 34	195 - 60	5 - 60	150 - 146	140 - 146	155 - 149	139 - 149	154 - 168		
48	16	8	147 - 14	149 - 46	152 - 137	198 - 170						
49	16	8	172 - 172	10 - 240	146 - 240							
50	16	8	11 - 20	39 - 73	159 - 89	13 - 115	200 - 243					
51	16	8	136 - 21	153 - 37	143 - 114	190 - 249						
52	16	8	59 - 5	61 - 40	46 - 43	75 - 48	165 - 54	63 - 127	88 - 144	122 - 241		
53	16	8	143 - 88	186 - 99	208 - 112	114 - 112	154 - 160	28 - 232				
54	16	8	173 - 191	27 - 191	150 - 200	37 - 200						
55	16	8	156 - 50	139 - 95	138 - 177	84 - 238						
56	16	8	94 - 35	15 - 59	179 - 82	35 - 119	17 - 204	152 - 251				
57	16	8	104 - 6	126 - 13	161 - 13	102 - 29	160 - 163	42 - 179				
58	16	8	33 - 32	96 - 106	91 - 202	177 - 225						
59	16	8	24 - 57	115 - 125	121 - 171							
60	16	8	34 - 2	103 - 36	9 - 129	62 - 246	67 - 246					
61	16	8	87 - 87	181 - 138	73 - 181	71 - 205	64 - 242					

62	16	8	86 - 10	79 - 24	81 - 134	87 - 134	112 - 134	35 - 175	23 - 175	100 - 183		
63	16	8	191 - 22	144 - 151	139 - 151	11 - 206						
64	16	8	28 - 7	132 - 56	15 - 74	79 - 80	78 - 161	123 - 217	95 - 217	18 - 248	48 - 248	
65	16	8										
66	16	8	136 - 81	191 - 194								
67	16	8	166 - 47	164 - 79	69 - 79	43 - 158	174 - 215	38 - 215	165 - 239			
68	16	8	182 - 9	127 - 51	81 - 94	14 - 162	83 - 244	161 - 244				
69	16	8	193 - 92	120 - 133								
70	16	16	137 - 140	170 - 185	68 - 185	9 - 185	158 - 212	205 - 212	107 - 219	167 - 223		
71	16	16	129 - 4	76 - 196	93 - 196	92 - 235	192 - 235	204 - 235				
72	16	16	4 - 15	186 - 41	142 - 96	207 - 117	197 - 117	201 - 184				
73	16	16	202 - 132	49 - 135	60 - 135	121 - 207	47 - 207	78 - 213	48 - 213	180 - 231	149 - 245	87 - 245
74	16	16	163 - 68	110 - 142	139 - 214	135 - 214	16 - 233	7 - 233	157 - 233	162 - 236		
75	16	16	176 - 67	178 - 100	209 - 187	125 - 187	133 - 229	112 - 229				
76	16	16	182 - 103	21 - 131	163 - 186	168 - 186	141 - 186	187 - 190	106 - 250	159 - 250	58 - 250	8 - 250

