



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENENTUAN SISTEM DISTRIBUSI PELUMAS PERTAMINA  
DARI DEPOT KE AGEN PELUMAS DENGAN  
MENGUNAKAN METODE ALGORITMA *TABU SEARCH*  
(STUDI KASUS *SALES REGION III*)**

**TESIS**

**EKO RICKY SUSANTO  
0906644215**

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



**UNIVERSITAS INDONESIA**

**PENENTUAN SISTEM DISTRIBUSI PELUMAS PERTAMINA  
DARI DEPOT KE AGEN PELUMAS DENGAN  
MENGUNAKAN METODE ALGORITMA *TABU SEARCH*  
(STUDI KASUS *SALES REGION III*)**

**TESIS**

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik**

**EKO RICKY SUSANTO  
0906644215**

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

**HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS**

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

Nama : Eko Ricky Susanto

NPM : 0906644215

Tanda Tangan :



Tanggal : 2 Juli 2011

## KATA PENGANTAR

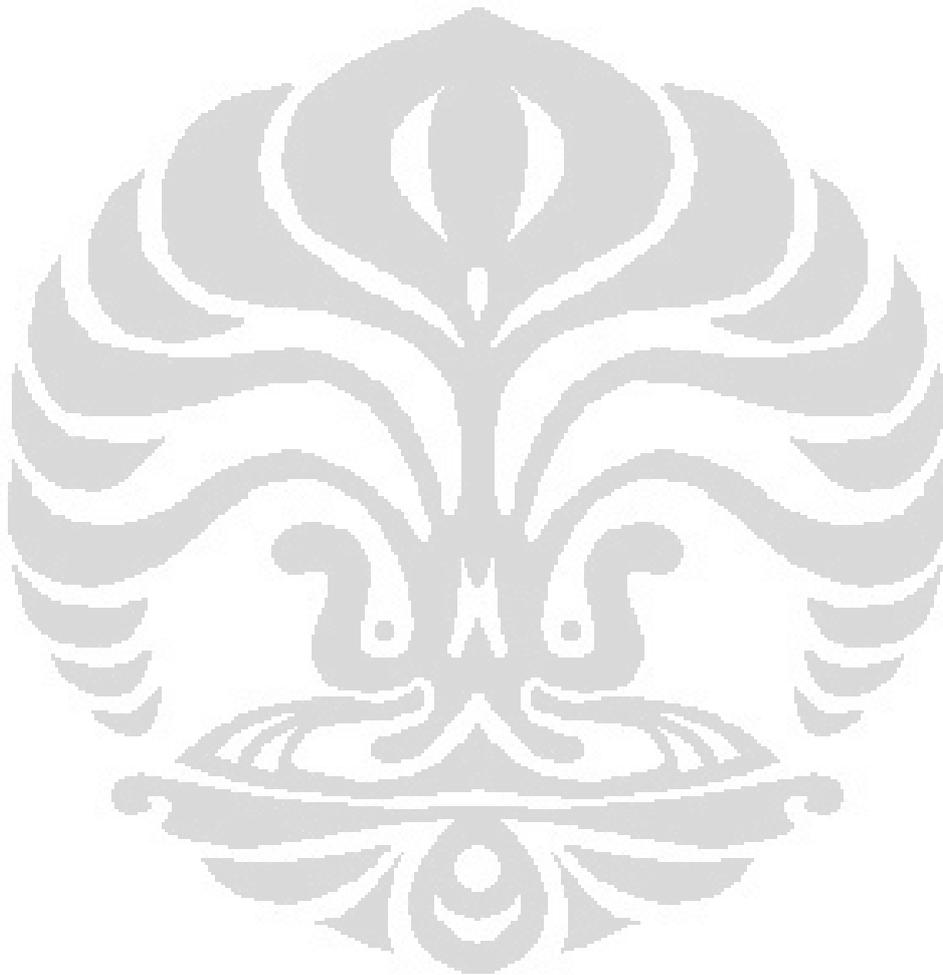
Puji syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, karena atas berkat dan karunia-Nya penyusunan tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Penyusunan tesis ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Magister Teknik dari Departemen Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas 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. Kedua orang tua, istri dan anak tersayang, serta keluarga besar penulis yang selalu memberikan pengertian, pengorbanan dan dukungan moril yang sangat besar sehingga tesis dapat terselesaikan dengan baik.
2. Bapak Ir. Amar Rachman, MEIM selaku dosen pembimbing I tesis yang telah memberi banyak masukan, bimbingan, waktu, tenaga, pikiran dan dukungan dalam penyelesaian tesis ini.
3. Bapak Ir. Akhmad Hidayatno, MBT selaku dosen pembimbing II tesis yang telah banyak membantu dan memberikan masukan selama proses pembuatan tesis.
4. Para dosen penguji yang memberikan masukan berharga sehingga tesis ini menjadi lebih baik.
5. Manajemen PT. Pertamina (Persero) serta rekan-rekan *Unit Lubricants* yang telah memberikan kepercayaan dan dukungan penuh kepada penulis.
6. Tim Laboratorium SEMS, Bapak Armand Omar Moeis, ST., MSc., Bapak Komarudin, ST., M.Eng., Sdr. Aziz Sutrisno, ST., Sdr. Maolana Hakim, dan lain-lain yang telah sangat membantu dalam pembuatan program.
7. Teman-teman kelas S2 Pertamina Salemba yang selalu kompak dan saling mendukung dari awal hingga akhir perkuliahan.
8. Staf administrasi UI kampus Salemba yang sabar memberikan informasi dan dukungan terhadap proses penyelesaian tesis.
9. Pihak-pihak lain yang juga telah sangat membantu penulis dalam penyelesaian tesis ini namun tidak dapat disebutkan satu persatu.

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

Jakarta, Juli 2011

Penulis



## HALAMAN PENGESAHAN

Tesis ini diajukan oleh

Nama : Eko Ricky Susanto  
 NPM : 0906644215  
 Program Studi : Teknik Industri  
 Judul Tesis : Penentuan Sistem Distribusi Pelumas Pertamina  
 dari Depot ke Agen Pelumas dengan Menggunakan  
 Metode Algoritma *Tabu Search* (Studi Kasus *Sales  
 Region III*)

**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. Amar Rachman, MEIM		(  )
Pembimbing 2 : Ir. Akhmad Hidayatno, MBT		(  )
Penguji : Prof. Dr. Ir. T. Yuri M. Zagloel, MEngSc.		(  )
Penguji : Ir. Erlinda Muslim, MEE		(  )
Penguji : Ir. Fauzia Dianawati, MSi		(  )

Ditetapkan di : Jakarta

Tanggal : 02 Juli 2011

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

---

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

Nama : Eko Ricky Susanto

NPM : 0906644215

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknik

Jenis Karya : Tesis

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

**“Penentuan Sistem Distribusi Pelumas Pertamina dari Depot ke  
Agen Pelumas dengan Menggunakan Metode Algoritma *Tabu Search*  
(Studi Kasus *Sales Region III*)”**

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 : 2 Juli 2011

Yang menyatakan



(Eko Ricky Susanto)

## ABSTRAK

Nama : Eko Ricky Susanto  
Program Studi : Teknik Industri  
Judul : Penentuan Sistem Distribusi Pelumas Pertamina dari Depot ke Agen Pelumas dengan Menggunakan Algoritma *Tabu Search* (Studi Kasus *Sales Region III*)

Penentuan rute pengiriman dan penjadwalan yang efektif dan efisien serta sistem transportasi yang tepat mempunyai peranan penting dalam optimasi biaya distribusi suatu perusahaan. Penelitian ini bertujuan menentukan sistem distribusi pelumas yang tepat dari depot ke pelanggan dengan menggunakan algoritma *tabu search* pada permasalahan *vehicle routing problem (VRP)* yang dikenal sebagai konsep umum untuk menentukan dan mendapatkan rute terbaik bagi kendaraan. Hasil penelitian ini adalah mendapatkan suatu model sistem distribusi yang dapat diterapkan dalam aplikasi pengiriman pelumas kepada pelanggan berupa rute distribusi yang efektif dan efisien, sistem penjadwalan yang tepat, jarak tempuh pengiriman yang singkat dan menentukan jumlah minimal kendaraan yang dibutuhkan untuk pengiriman produk ke pelanggan.

Kata kunci : *vehicle routing problem, tabu search, sistem distribusi, routing & scheduling*

## ABSTRACT

Name : Eko Ricky Susanto  
Study Program : Industrial Engineering  
Title : Determination of Pertamina Lubricants Distribution System from Depot to Lubricants Agents Using Tabu Search Algorithm (Case Study Sales Region III)

Determination of routes and scheduling delivery of effective and efficient and appropriate transport system plays an important role in optimizing distribution costs of a company. This study aims to determine the proper lubricant distribution system from the depot to the customer by using taboo search algorithm on the problem of vehicle routing problem (VRP), known as a general concept to define and get the best route for the vehicle. The results of this study is to obtain a distribution system model that can be applied in the application of lubricants to customers in the form of delivery routes are effective and efficient distribution systems, proper scheduling, short delivery mileage and determine the minimum number of vehicles required for delivering products to customers.

Key words : vehicle routing problem, tabu search, distribution system, routing & scheduling

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS .....	ii
HALAMAN PENGESAHAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS .....	vi
ABSTRAK .....	vii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1. Latar Belakang Permasalahan .....	1
1.2. Diagram Keterkaitan Permasalahan .....	4
1.3. Perumusan Permasalahan .....	5
1.4. Tujuan Penelitian .....	5
1.5. Pembatasan Masalah .....	5
1.6. Metodologi Penelitian .....	5
1.7. Sistematika Penulisan .....	7
BAB 2 LANDASAN TEORI .....	9
2.1. <i>Vehicle Routing Problem</i> .....	10
2.2. <i>Travelling Salesman Problem (TSP)</i> .....	13
2.3. <i>Vehicle Routing &amp; Scheduling</i> .....	14
2.4. Penyelesaian <i>Vehicle Routing Problem</i> .....	17
2.5. Algoritma <i>Tabu Search</i> .....	17
2.5.1. Pengertian Umum .....	18
2.5.2. Penggunaan Memori .....	19
2.5.3. Intensifikasi dan Diversifikasi .....	20
2.5.4. <i>Tabu Search</i> pada VRP .....	20
2.5.4.1. Solusi Awal .....	21
2.5.4.2. Mekanisme Pembentukan Solusi Tetangga .....	21
2.5.4.3. <i>Data Management Structure</i> .....	22
2.5.4.4. Komponen <i>Tabu Search</i> .....	23
2.5.4.5. Prosedur Umum TS-VRP .....	24
BAB 3 PENGUMPULAN DATA .....	27
3.1. Profil Perusahaan .....	27
3.2. Pengumpulan Data .....	27
3.2.1. Data Depot, Konsumen dan Jarak antar Lokasi .....	28
3.2.2. Data Permintaan Agen Pelumas .....	29
3.2.3. Data Armada Pengiriman .....	30

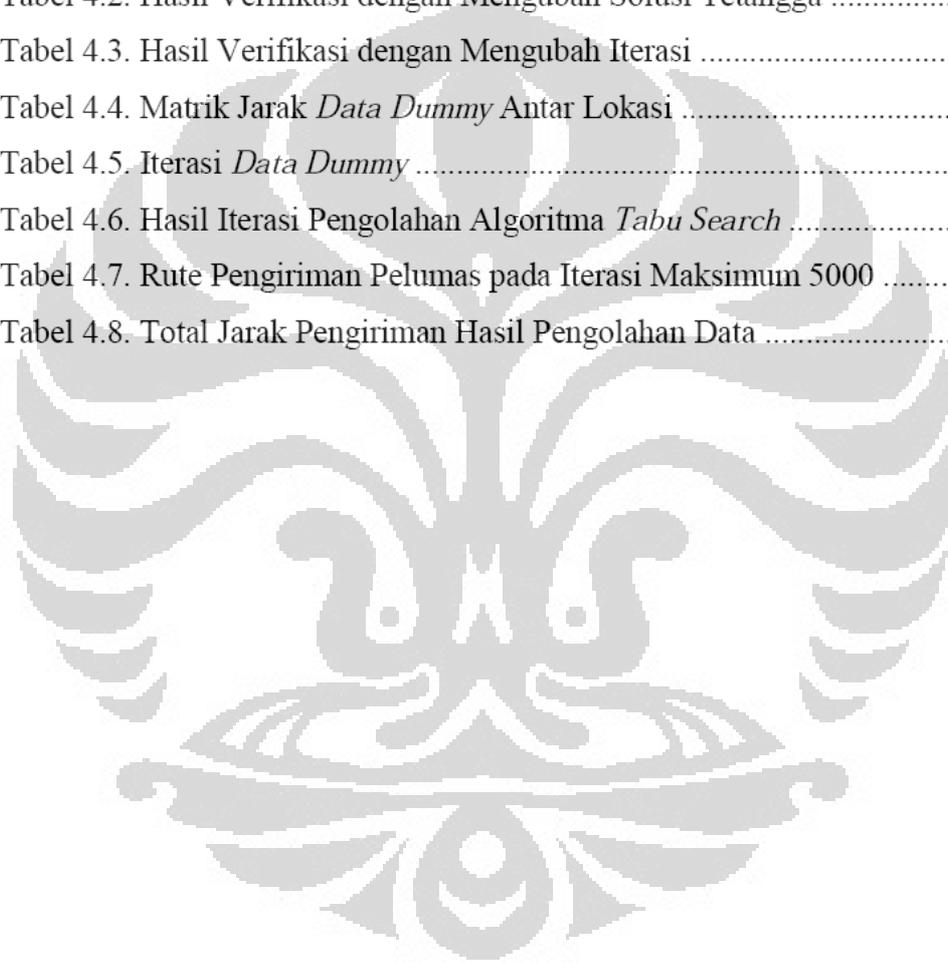
3.2.4 Biaya Pengiriman .....	30
3.2.5 Data Informasi Pelayanan Depot .....	30
3.2.6 Data Waktu .....	31
<b>BAB 4 PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS .....</b>	<b>32</b>
4.1. Pemodelan Permasalahan .....	32
4.1.1. Uraian Model Matematis .....	32
4.1.2. Penyusunan Model Matematis .....	33
4.1.3. Fungsi Tujuan .....	34
4.1.4. Fungsi Kendala .....	34
4.2. Pengolahan Data Penentuan Sistem Distribusi .....	35
4.2.1. Penentuan Solusi Awal .....	35
4.2.1.1. Input .....	35
4.2.1.2. Pencarian Solusi Rute Optimal .....	35
4.2.1.3. Output .....	36
4.2.1. Verifikasi dan Validasi Program .....	36
4.2.3. Pengerjaan Algoritma Tabu .....	39
4.2.4. Output .....	41
4.3. Analisis Pengolahan Data .....	42
4.3.1. Analisis Penjadwalan Pengiriman .....	42
4.3.2. Analisis Jumlah Kendaraan .....	43
4.3.3. Analisis Rute Distribusi .....	44
4.3.4. Analisis Metode Algoritma .....	46
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
<b>DAFTAR REFERENSI .....</b>	<b>48</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Sistem Pengiriman Pelumas .....	2
Gambar 1.2. Diagram Keterkaitan Masalah .....	4
Gambar 1.3. Metodologi Penelitian .....	6
Gambar 2.1. Contoh <i>Input</i> dalam VRP .....	10
Gambar 2.2. Contoh <i>Output</i> dalam VRP .....	11
Gambar 2.3. Pengelompokkan untuk Penugasan Kapasitas Volume Kendaraan .....	15
Gambar 2.4. Contoh Pengelompokkan per Periode Waktu .....	16
Gambar 2.5. <i>Last Trial Move</i> pada <i>1-interchange Mechanism</i> .....	22
Gambar 2.6. <i>Insert Move</i> pada <i>2-consecutive Node Interchange Mechanism</i> .....	22
Gambar 2.7. Diagram Alir Pengerjaan <i>Tabu Search</i> pada VRP .....	25
Gambar 4.1. Diagram Alir Pengolahan Data Algoritma <i>Tabu Search</i> untuk <i>Vehicle Routing Problem</i> .....	39
Gambar 4.2. Grafik Hasil Total Jarak Tempuh terhadap Jumlah Iterasi Perhitungan .....	42

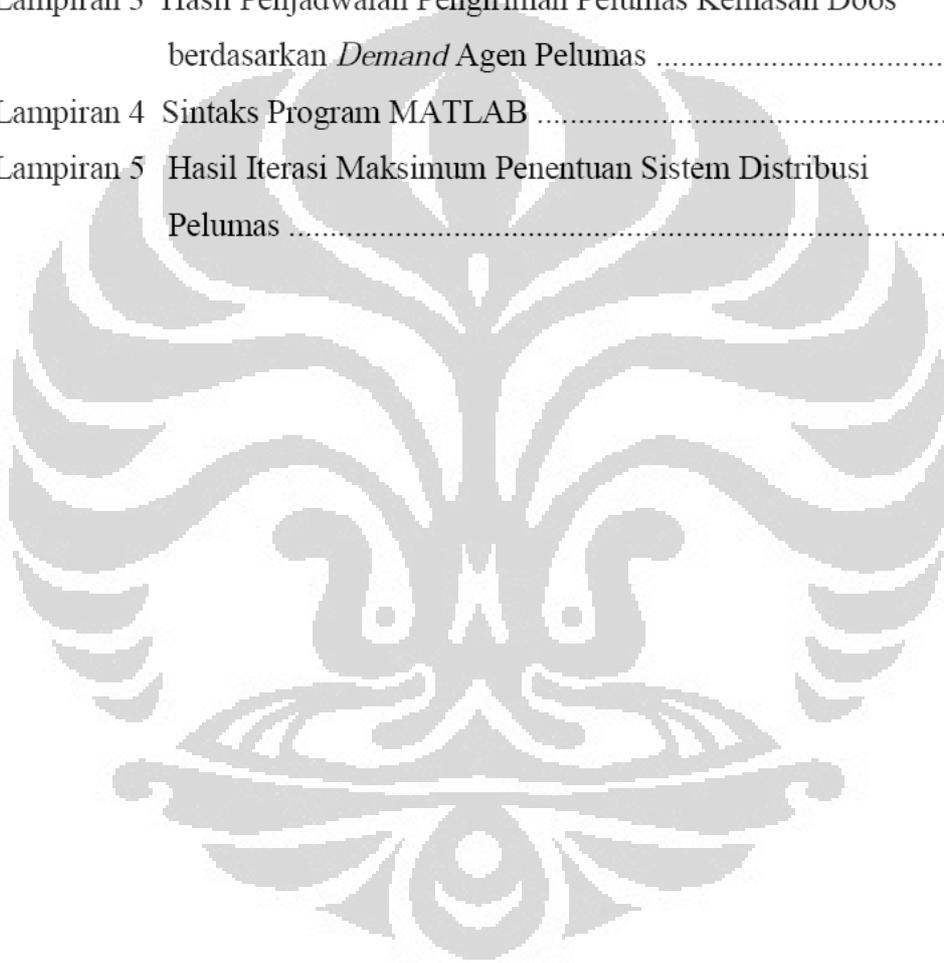
## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Komparasi Jurnal Penelitian .....	13
Tabel 3.1. Lokasi Depot dan Gudang Agen Pelumas .....	28
Tabel 3.2. Data Rata-rata Permintaan Bulanan Agen Pelumas .....	29
Tabel 4.1. Hasil Verifikasi dengan Mengubah <i>Tabu List</i> .....	36
Tabel 4.2. Hasil Verifikasi dengan Mengubah Solusi Tetangga .....	37
Tabel 4.3. Hasil Verifikasi dengan Mengubah Iterasi .....	37
Tabel 4.4. Matrik Jarak <i>Data Dummy</i> Antar Lokasi .....	38
Tabel 4.5. Iterasi <i>Data Dummy</i> .....	38
Tabel 4.6. Hasil Iterasi Pengolahan Algoritma <i>Tabu Search</i> .....	42
Tabel 4.7. Rute Pengiriman Pelumas pada Iterasi Maksimum 5000 .....	44
Tabel 4.8. Total Jarak Pengiriman Hasil Pengolahan Data .....	45



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Matriks Jarak Depot - Gudang Agen Pelumas dan Antar Gudang Agen Pelumas .....	49
Lampiran 2	Hasil Penjadwalan Pengiriman Pelumas Kemasan Drum berdasarkan <i>Demand</i> Agen Pelumas .....	50
Lampiran 3	Hasil Penjadwalan Pengiriman Pelumas Kemasan Doos berdasarkan <i>Demand</i> Agen Pelumas .....	51
Lampiran 4	Sintaks Program MATLAB .....	52
Lampiran 5	Hasil Iterasi Maksimum Penentuan Sistem Distribusi Pelumas .....	60



## BAB 1 PENDAHULUAN

### 1.1. LATAR BELAKANG PERMASALAHAN

Sejak adanya deregulasi pelumas di Indonesia sejak tahun 2001 mengakibatkan tingkat persaingan pemasaran pelumas semakin kompetitif sehingga konsumen dapat dengan bebas memilih jenis dan merek pelumas yang dikehendaki. Kondisi ini menuntut kepada setiap produsen maupun pemain pelumas untuk lebih meningkatkan dan memperbaiki kualitas produk, layanan dan juga *operational excellence* di semua lini agar produk yang dipasarkan dapat diterima oleh konsumen.

PT. PERTAMINA sebagai salah satu produsen pelumas di Indonesia yang telah berpengalaman memasarkan pelumas lebih dari 30 tahun, dan saat ini masih memegang posisi sebagai market leader dengan penguasaan pasar sebesar 56%, selalu berupaya melakukan perbaikan-perbaikan di segala lini (*business process improvement*) agar produk-produk yang dipasarkan dapat terus diterima oleh konsumennya baik secara kualitas maupun dari sisi harga yang lebih kompetitif. Melihat kondisi tersebut, salah satu sektor yang menjadi perhatian utama untuk melakukan proses perbaikan adalah mengoptimalkan biaya operasi di sektor sistem distribusi, dimana faktor ini merupakan salah satu komponen penting dalam perhitungan harga jual produk (*cost of good sales*).

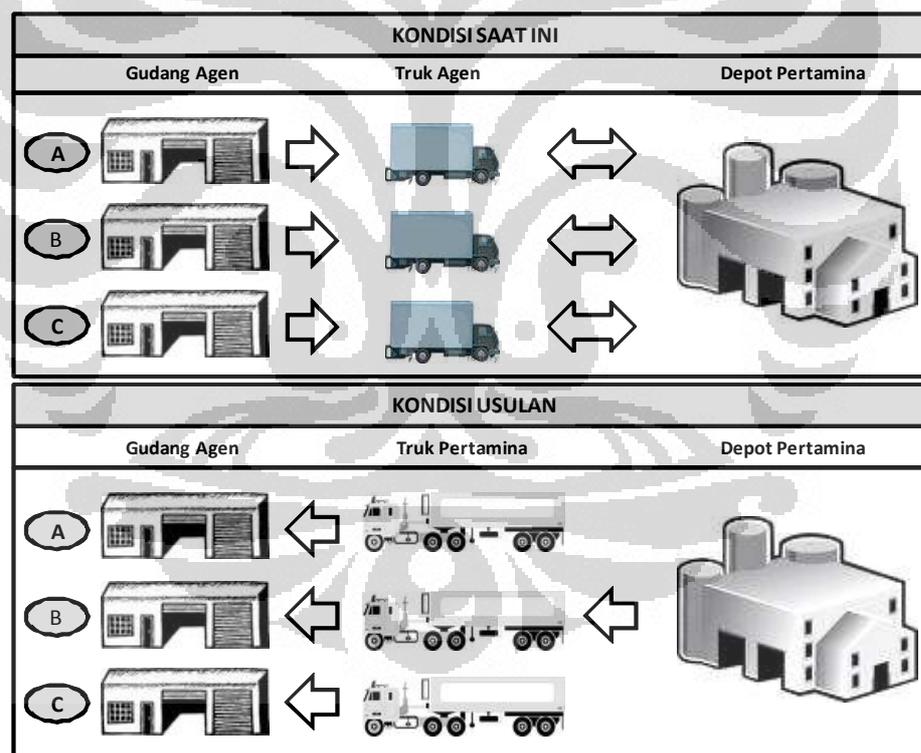
Tujuan utama dari sistem distribusi secara umum adalah :

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

Suatu perusahaan yang dapat mengoptimalkan sistem distribusinya serta menerapkan dengan baik, maka produk yang dipasarkannya akan lebih kompetitif dan dapat bersaing dengan perusahaan lainnya. Secara umum di banyak perusahaan, transportasi menghasilkan biaya yang tertinggi dalam sistem

distribusi yaitu  $\frac{1}{3}$  (sepertiga) sampai  $\frac{2}{3}$  (duapertiga) dari total biaya distribusi<sup>1</sup>. Optimalisasi biaya dan sistem distribusi dalam manajemen transportasi merupakan faktor yang perlu diperhatikan. Adapun faktor-faktor yang menjadi pertimbangan adalah lokasi atau tujuan pengiriman, armada pengiriman (jenis kendaraan, sumber daya manusia dan kapasitas angkut), waktu pengiriman, biaya pengiriman dan kepuasan pelanggan.

Sistem distribusi yang saat ini diterapkan adalah masing-masing Agen Pelumas mengambil sendiri produk pelumas ke Depot PT. PERTAMINA dengan berbagai jenis dan kapasitas kendaraan angkut seperti terdeskripsikan pada gambar 1.1. Sistem pengambilan produk sepenuhnya merupakan tanggung jawab Agen Pelumas dengan memenuhi ketentuan yang ditetapkan oleh PT. PERTAMINA.



**Gambar 1.1.** Sistem Pengiriman Pelumas

<sup>1</sup> Ronald H. Ballou, "Business Logistics Management", New Jersey, 1992: 191.

Penerapan sistem ini dianggap masih kurang efektif dimana biaya transportasi yang dikeluarkan oleh Agen Pelumas masih cukup tinggi, frekuensi pengiriman yang tidak terjadwal, kualitas kemasan pelumas tidak terjaga, dan minimnya armada angkut Agen Pelumas. Akibatnya adalah volume pembelian produk pelumas sangat tergantung salah satunya kepada ketersediaan armada angkut khususnya apabila perusahaan mengeluarkan program-program penjualan khusus.

Sebagai bagian dari perbaikan proses bisnis yang terus berkelanjutan, serta untuk lebih meningkatkan kualitas pelayanan baik kepada Agen Pelumas sebagai mitra kerja maupun kepada konsumen langsung pengguna Pelumas PT. PERTAMINA, maka dipandang perlu untuk memperbaiki dan merubah sistem distribusi yang saat ini berlaku. Bentuk pola dan sistem distribusi yang akan diterapkan adalah PT. PERTAMINA adalah mengirim sendiri produk pelumas ke Agen-Agen Pelumas sehingga diharapkan akan didapat biaya transportasi yang optimal dengan jarak tempuh serta jumlah kendaraan yang minimum. Sehingga dengan perbaikan sistem ini diharapkan PT. PERTAMINA akan mendapatkan berbagai keuntungan seperti sistem penjadwalan yang lebih efektif, penentuan rute pengiriman yang lebih baik, tingkat kualitas pelayanan yang meningkat, produk yang diterima konsumen kualitasnya semakin baik, jumlah kendaraan minimal sehingga biaya distribusi menjadi lebih efisien serta kinerja Agen Pelumas akan lebih efektif dikarenakan armada angkut yang ada saat ini dapat lebih dioptimalkan untuk melayani konsumennya.

Secara umum masalah yang dihadapi suatu perusahaan dalam melakukan pengiriman barang antara lain :

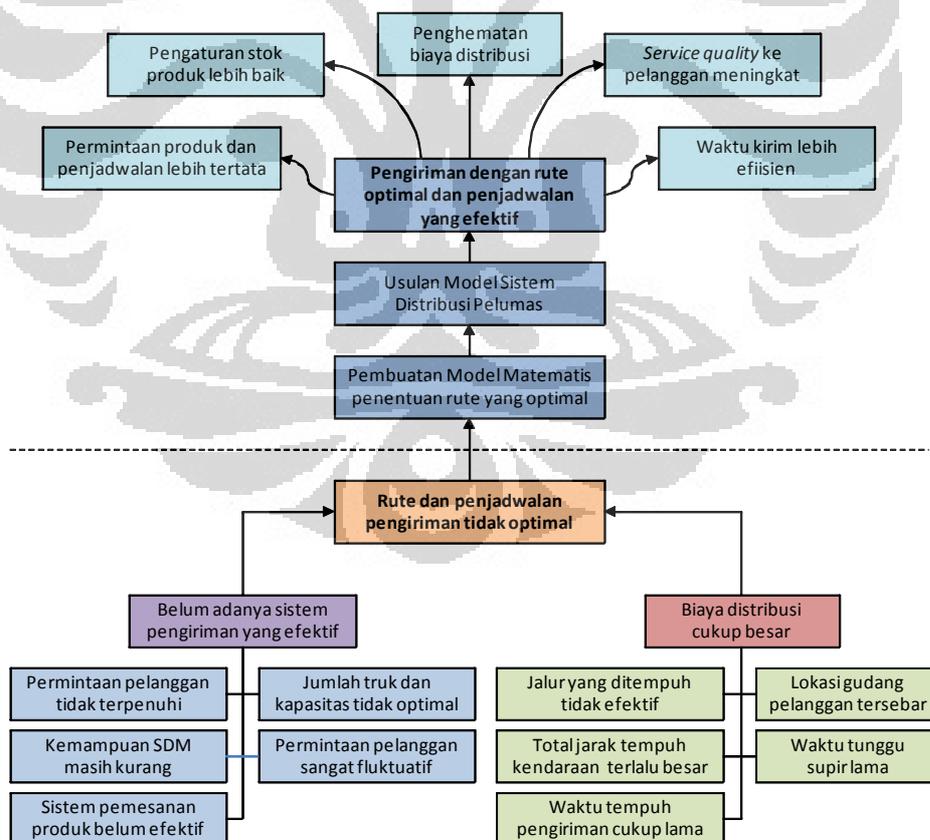
- kuantitas permintaan pengiriman yang berbeda-beda untuk setiap titik,
- permintaan produk yang sangat fluktuatif,
- keterbatasan kapasitas gudang dan armada angkut,
- batasan waktu pengiriman untuk suatu titik,
- lokasi pelanggan yang tersebar,
- menentukan waktu pengiriman dan pengambilan yang tepat dan efektif
- membuat suatu rute kendaraan untuk mencapai lokasi yang dituju dengan jarak dan biaya yang efisien.

Kondisi-kondisi tersebut diatas merupakan permasalahan-permasalahan yang ditemukan juga di dalam proses distribusi PT. PERTAMINA.

Semua masalah tersebut harus dicari solusi yang optimal baik dari segi penggunaan kendaraan, waktu pengiriman, ketersediaan mobil dan pengemudi, efisiensi penggunaan bahan bakar dalam memenuhi semua pengiriman dan pada akhirnya diperlukan juga suatu sistem distribusi yang efektif dalam menentukan pola penjadwalan dan rute pengiriman perusahaan tersebut. Semua faktor-faktor yang mempengaruhi kendala pengiriman saling terkait satu sama lain sehingga dibutuhkan analisa dan perhitungan secara keseluruhan dalam proses penjadwalan dan pengiriman sehingga tujuan akhirnya memenuhi kepuasan pelanggan dan memberikan pelayanan yang terbaik dan optimal.

## 1.2. DIAGRAM KETERKAITAN MASALAH

Gambar 1.2 memperlihatkan diagram keterkaitan masalah yang menjadi landasan penulisan tesis ini.



**Gambar 1.2.** Diagram Keterkaitan Masalah

### 1.3. PERUMUSAN PERMASALAHAN

Dampak dari semakin ketatnya persaingan pemasaran pelumas di Indonesia menuntut PT. PERTAMINA untuk dapat menerapkan suatu sistem penjadwalan dan rute pengiriman produk yang efektif dan efisien kepada konsumennya. Hal ini disebabkan pada saat ini belum adanya suatu sistem penjadwalan dan pengiriman yang optimal dan efektif dalam hal distribusi produk, yang tentunya berpengaruh kepada biaya distribusi produk yang dikeluarkan cukup besar.

### 1.4. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah memperoleh sistem penjadwalan dan rute distribusi yang optimal ke Agen Pelumas dengan mengatasi kendala-kendala yang terjadi, sehingga dapat menghasilkan efisiensi biaya distribusi produk pelumas dengan menggunakan metode algoritma *tabu search*.

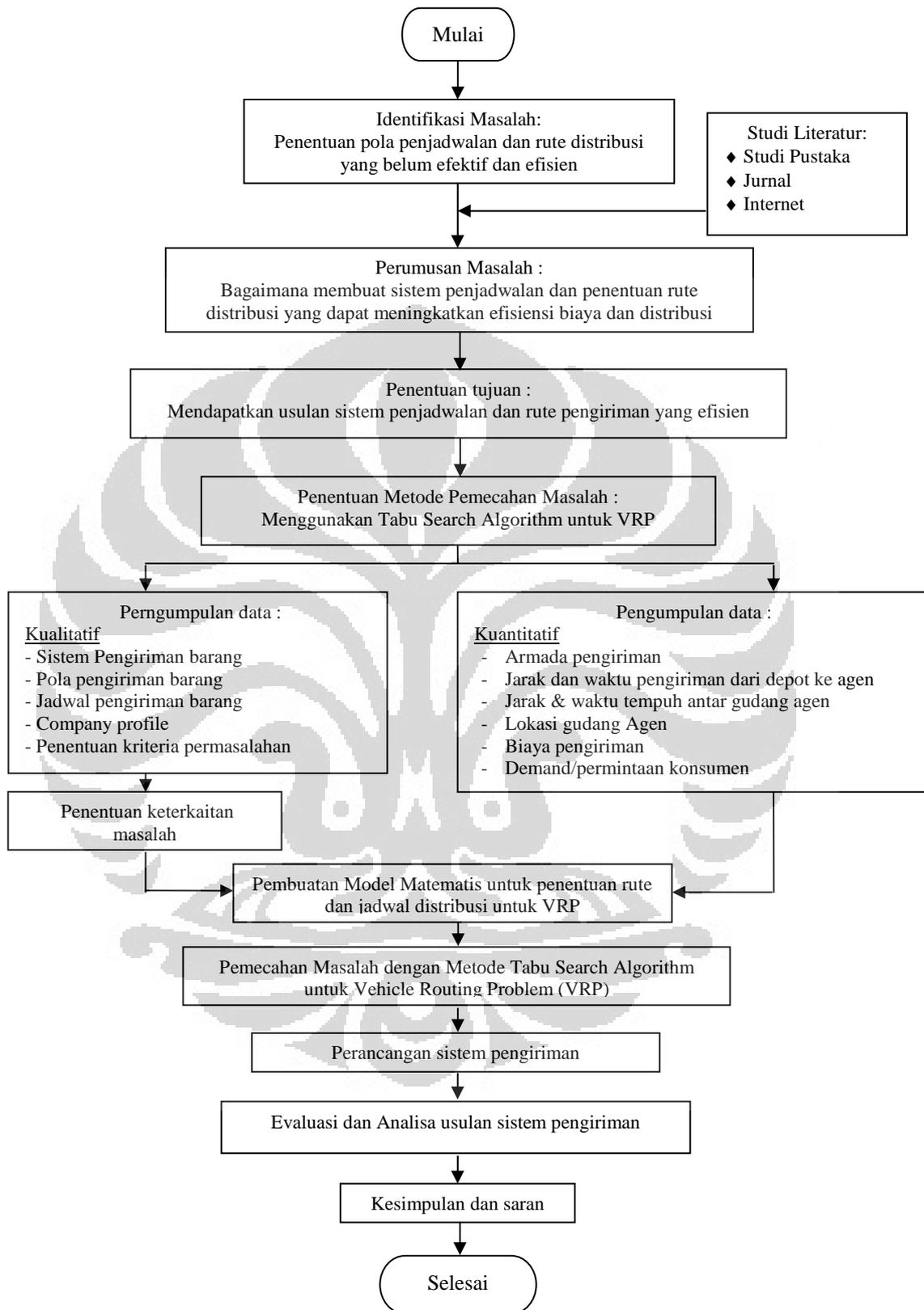
### 1.5. PEMBATAAN MASALAH

Agar penelitian ini dapat lebih fokus dan terarah dengan mengidentifikasi masalah secara tepat sehingga mendapatkan hasil yang lebih optimal, maka ditentukanlah batasan-batasan masalah sebagai berikut :

- Penelitian dilakukan di 25 (dua puluh lima) Agen Pelumas dan Depot Supply Point (DSP) di *Sales Region III* dengan wilayah kerja Jakarta dan sekitarnya.
- Produk yang digunakan ada 2 tipe yaitu pelumas dengan kemasan doos dan kemasan drum, dengan kebutuhan (*demand*) produk dibedakan antara masing-masing kemasan dan dihitung dari rata-rata realisasi pembelian dalam 2 (dua) tahun terakhir.
- Kondisi truk dianggap sama untuk semua armada dan jumlahnya tetap untuk satu periode dan diasumsikan dapat melayani semua konsumen.

### 1.6. METODOLOGI PENELITIAN

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini dapat digambarkan pada Gambar 1.3.



**Gambar 1.3.** Metodologi Penelitian

## 1.7. SISTEMATIKA PENULISAN

Sistematika penulisan yang dipergunakan dalam penulisan penelitian ini mengikuti aturan standar baku penulisan tesis yang dibagi menjadi lima bab yang dapat memberikan gambaran secara sistematis sejak awal penelitian hingga tercapainya tujuan penelitian.

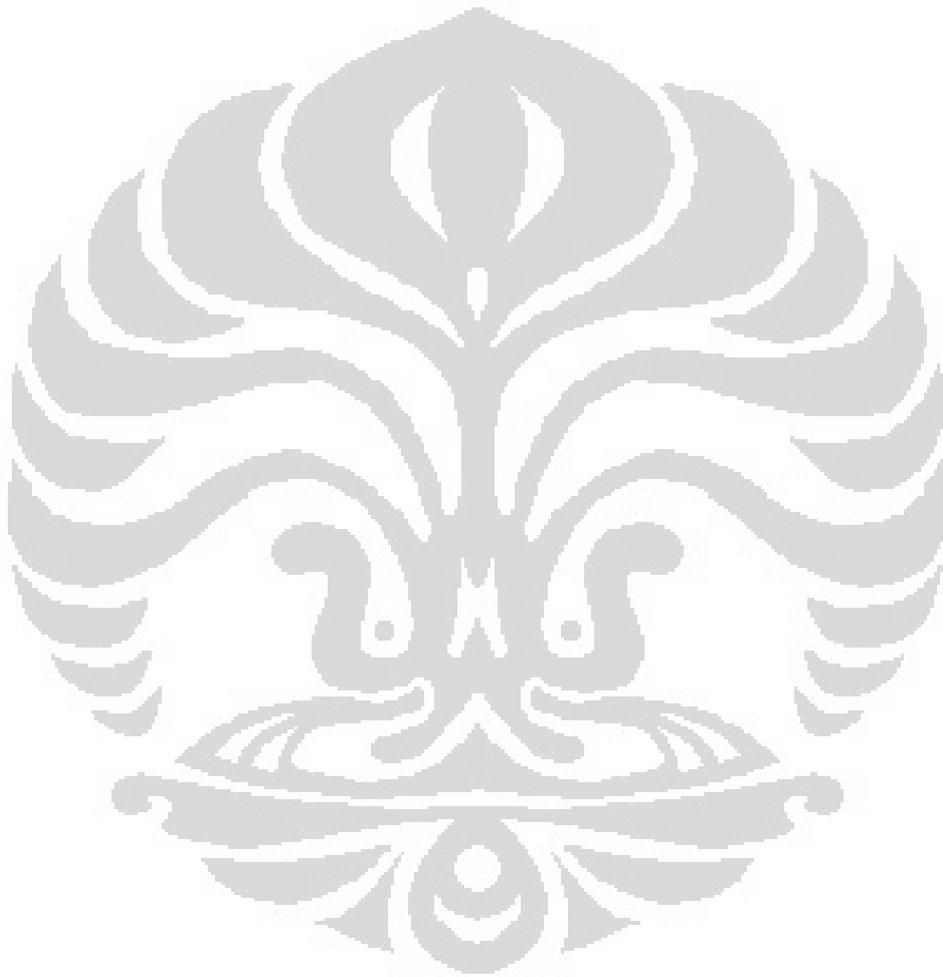
Pada bab pertama yaitu bab pendahuluan menceritakan latar belakang permasalahan, diagram keterkaitan masalah, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan-batasan masalah, metodologi penelitian dalam bentuk diagram dan sistematika penulisan ini yang menjadi dasar dilaksanakannya penelitian ini.

Bab kedua merupakan landasan teori yang digunakan dalam penelitian meliputi permasalahan penjadwalan pengiriman dan penyusunan rute distribusi. Secara umum pembahasan difokuskan pada *vehicle routing problem (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 algoritma yang digunakan dalam penelitian ini.

Pada bab ketiga yaitu bab pengumpulan data menjelaskan secara detail data-data yang dibutuhkan dalam proses penjadwalan dan pengiriman serta beberapa paramater yang dibutuhkan untuk menyusun sistem penjadwalan dan rute pengiriman sesuai dengan tujuan penulisan yang akan dicapai.

Bab keempat adalah pengolahan data dan analisis. Sistem penjadwalan dan pengiriman dapat diperoleh dengan melakukan penghitungan terhadap jumlah permintaan pelanggan, kapasitas mobil tangki, serta rata-rata kebutuhan pelumas oleh pelanggan, data jarak antar lokasi depot dan gudang Agen maupun antar Agen sendiri, dan data-data lainnya.. Setelah berhasil disusun rute dan jadwal pengiriman maka data tersebut akan dimasukkan dalam MATLAB dengan menggunakan metode algoritma *tabu search* guna memperoleh rute distribusi yang optimal, jumlah kendaraan yang minimal serta menghasilkan jarak tempuh total terpendek. Analisa dilakukan untuk menghasilkan penjadwalan dan rute pengiriman yang efektif dan biaya distribusi yang optimal sehingga menjadi dapat menjadi suatu usulan sistem distribusi pengiriman produk dari depot ke Agen di PT. PERTAMINA.

Bab terakhir yaitu bab kesimpulan dan saran yang menyajikan kesimpulan-kesimpulan atas beberapa hal penting dari hasil penelitian yang telah dilakukan serta saran-saran perbaikan yang dapat diterapkan di penelitian selanjutnya.



## BAB 2

### LANDASAN TEORI

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

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 sistem pengiriman dan 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.

Beberapa metode yang digunakan untuk menyelesaikan VRP antara lain adalah dengan pendekatan eksak, heuristik dan metaheuristik. Dibandingkan dengan heuristik klasik, metaheuristik menunjukkan pencarian solusi yang lebih teliti. Penelitian dalam metaheuristik ini lebih menunjukkan perkembangan yang hebat dalam dekade terakhir dan telah menghasilkan heuristic VRP yang lebih efektif dan fleksibel<sup>2</sup>. *Tabu search* (TS) merupakan metode terbaik yang dapat diimplementasikan pada VRP dibanding metaheuristik yang lain seperti *simulated annealing*, *genetic search*, *ant system* dan *neural network*.

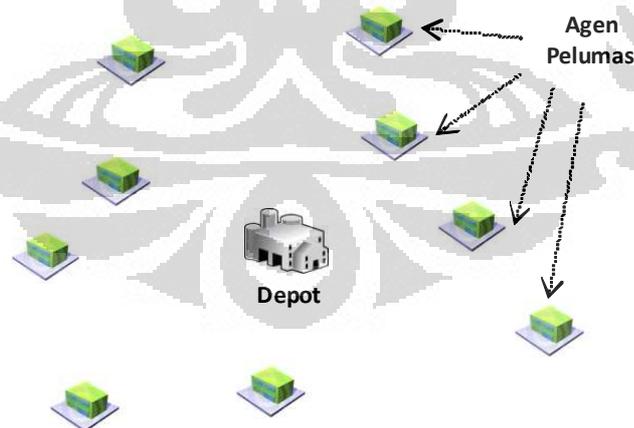
---

<sup>2</sup> Gendreau M, Laporte G and Potvin J-Y, "Metaheuristic for the capacitated VRP, 2002

## 2.1. VEHICLE ROUTING PROBLEM

*Vehicle Routing Problem* (VRP) adalah suatu metoda yang digunakan untuk menentukan rute untuk suatu armada kendaraan baik dari *single depot* ataupun *multiple depot* sehingga dapat melayani pelanggan yang tersebar secara geografis<sup>3</sup>. Pada umumnya tujuan yang ingin dicapai dalam VRP adalah meminimalkan jarak tempuh kendaraan dan biaya transportasi dalam melakukan pengiriman ke pelanggan sesuai dengan jumlah permintaannya masing-masing.

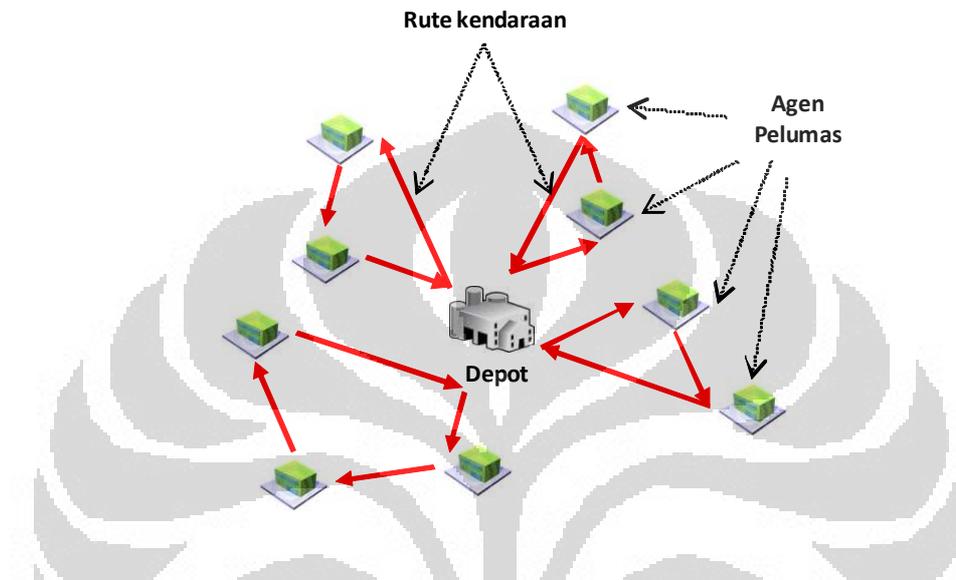
*Vehicle Routing Problems* (VRP), pertama kali dikenalkan oleh Dantzig dan Ramser pada tahun 1959. VRP ini memegang peranan penting pada manajemen distribusi dan telah menjadi salah satu permasalahan dalam optimalisasi kombinasi yang dipelajari secara luas. VRP merupakan manajemen distribusi barang yang 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.



**Gambar 2.1.** Contoh *Input* dalam VRP

<sup>3</sup> Berbane Dorrnsoro Diaz. *What is VRP?*. The VRP Web. Malaga : Auren. 2002 :1

Gambar 2.1 menunjukkan contoh input dari sebuah permasalahan VRP dimana terdapat satu depot dan sejumlah pelanggan yang tersebar di berbagai daerah. Sedangkan Gambar 2.2 menggambarkan contoh hasil yang diperoleh dari VRP yaitu rute distribusi yang optimal untuk melakukan pengiriman ke pelanggan.



**Gambar 2.2.** Contoh *Output* dalam VRP

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 VRP<sup>4</sup>, yaitu :

- Meminimalkan biaya transportasi global, terkait dengan jarak dan biaya tetap yang berhubungan dengan kendaraan

<sup>4</sup> Toth and Vigo, 2002

- Meminimalkan jumlah kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani semua konsumen
- Menyeimbangkan rute, untuk waktu perjalanan dan muatan kendaraan
- Meminimalkan penalti akibat *service* yang kurang memuaskan dari konsumen

Pada VRP yang terjadi di lapangan, terdapat beragam batasan yang membuat permasalahan ini menjadi kompleks sehingga terdapat beberapa jenis VRP sesuai dengan batasan yang dimiliki. Menurut Toth dan Vigo (2002) ditemukan variasi permasalahan utama VRP yaitu:

- *Capacitated VRP*, dimana setiap kendaraan memiliki kapasitas yang terbatas,
- *VRP with Time Windows*, dimana setiap pelanggan harus dilayani dalam kisaran waktu (*time window*) tersendiri,
- *Multiple Depots VRP*, dimana terdapat lebih dari satu depot,
- *VRP with Pick Up and Delivering*, dimana pelanggan dapat mengembalikan barang ke depot,
- *Split Delivery VRP*, dimana pelanggan dilayani oleh kendaraan yang berbeda-beda,
- *Stochastic VRP*, dimana beberapa nilai yang terlibat (jumlah pelanggan, jumlah permintaan, atau waktu perjalanan) bersifat acak, dan
- *Periodic VRP*, dimana pengiriman dilakukan dalam beberapa hari.

Jurnal-jurnal yang membahas berbagai permasalahan optimasi untuk *vehicle routing problem (VRP)* mendasari dilakukannya penelitian ini, terutama untuk pertimbangan pembuatan model fungsi tujuan dan kendala, seperti halnya jurnal yang disusun oleh Sin C. Ho dan Dag Haugland, (2002) berjudul “*A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries*”, dimana mereka mengangkat permasalahan transportasi dari *single depot* ke beberapa tujuan dimana *demand* dari tujuan harus dipenuhi oleh satu kali atau lebih pengiriman dimana untuk melayani salah satu tujuan harus dengan menggunakan kendaraan yang sama.

Kemudian tulisan Hoong Chuin Lau, Melvyn Sim dan Kwong Meng Teo (2003) dengan judul “*Vehicle Routing Problem with Time Windows and A Limited Number of Vehicles*” berisikan permasalahan VRP yang biasa dijumpai yaitu menentukan jumlah kendaraan minimum yang dibutuhkan untuk dapat mengirim kebutuhan (*demand*) dari pelanggan dengan tetap memperhitungkan biaya minimum pengiriman.

Dalam tulisan Olli Braysy (2002) mengenai “*Tabu Search Heuristics for the Vehicle Routing Problem with Time Windows*” lebih banyak menceritakan VRP dengan kondisi kendala time windows, dimana informasi tersebut sangat membantu penulisan ini. Sedangkan dalam tulisan Nunkaew dan Phruksaphanrat (2009) menjabarkan tentang permasalahan *Transportation Problem* (TP) dari *multi-depot* ke beberapa tujuan dimana *demand* dari tujuan dapat dipenuhi dengan satu kali pengiriman.

**Tabel 2.1.** Komparasi Jurnal Penelitian

Penulis	Depot	Permasalahan	Kondisi pengiriman
Ho dan Haugland	<i>Single</i>	<i>Routing VRP</i>	<i>Split Delivery with time windows</i>
Lau, Sim, dan Meng Teo	<i>Single</i>	<i>Routing VRP</i>	<i>Limited vehicle with time windows</i>
Braysy	<i>Single</i>	<i>Routing VRP</i>	<i>Delivery with time windows</i>
Nunkaew dan Phruksaphanrat	<i>Multi</i>	<i>Transportation Problem</i>	<i>One way delivery</i>

## 2.2. TRAVELLING SALESMAN PROBLEM (TSP)

*Travelling Salesman Problem (TSP)* adalah suatu permasalahan dalam bidang diskrit dan optimasi kombinatorial. Sebagai permasalahan kombinatorial, persoalan ini tergolong memiliki kemungkinan jawaban yang sangat banyak. Permasalahan ini diilhami oleh masalah seorang pedagang yang mengelilingi beberapa kota. Permasalahan matematik yang berkaitan dengan *Travelling Salesman Problem* mulai muncul sekitar tahun 1800-an. Masalah ini dikemukakan oleh dua orang matematikawan, yaitu Sir William Rowan Hamilton yang berasal

dari Irlandia dan Thomas Penyngton Kirkman yang berasal dari Inggris. Bentuk umum dari persoalan TSP pertama kali dipelajari oleh para matematikawan mulai tahun 1930-an oleh Karl Menger di Vienna dan Harvard. Persoalan tersebut kemudian dikembangkan oleh Hassler Whitney dan Merrill Flood di Princeton.

Berdasarkan kesesuaian dengan nama, deskripsi persoalan adalah sebagai berikut: diberikan sejumlah kota, tentukan sirkuit terpendek yang harus dilalui oleh seorang pedagang bila pedagang itu berangkat dari sebuah kota asal dan menyinggahi setiap kota tepat satu kali dan kembali lagi ke kota asal keberangkatan.

TSP pada penulisan ini digunakan pada saat solusi awal penentuan rute pengiriman untuk menghasilkan jarak pengiriman yang minimum dengan menggunakan metode *random*. Hasil solusi awal ini merupakan dasar perhitungan selanjutnya dalam *VRP solution* dengan menggunakan metode algoritma *tabu search*.

### 2.3. VEHICLE ROUTING AND SCHEDULING

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

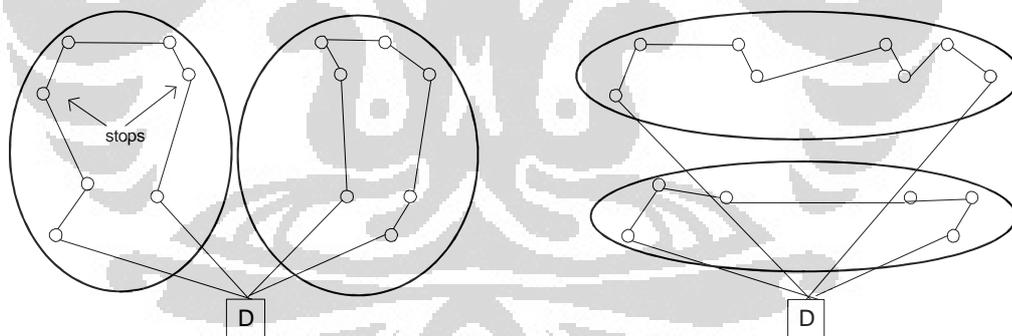
1. Dalam setiap titik pemberhentian, ada sejumlah volume yang diambil dan dikirim.
2. Jumlah kendaraan yang diupayakan minimal dengan kemampuan mampu mengirim semua kebutuhan produk.
3. Maksimum total waktu kerja operator kendaraan untuk melakukan pengiriman sesuai dengan ketentuan jam kerja depot maupun konsumen.
4. Titik pemberhentian pelanggan hanya memperbolehkan pengiriman dan/atau pengambilan produk pada waktu tertentu (disebut : *time windows*).
5. Pengambilan hanya boleh dilakukan setelah dilakukan pengiriman.
6. Titik pemberhentian tidak dapat menerima kendaraan pada saat bersamaan.

7. Pengiriman selanjutnya ke titik pemberhentian harus mempunyai *interval* waktu dengan pengiriman sebelumnya.

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 depot menuju ke beberapa titik pemberhentian (*stop*) untuk melakukan pengiriman, dan kembali depot pada hari yang sama.

Pengembangan rute dan jadwal kendaraan yang bagus dapat dilakukan dengan mengaplikasikan delapan prinsip dasar berikut :

1. Pengisian kendaraan dengan kapasitas volume dari pemberhentian yang berdekatan satu sama lain, sehingga akan meminimalkan jarak antar pemberhentian waktu total rute. Gambar 2.3 (a) menggambarkan pengelompokkan yang harus dihindari, sedangkan gambar (b) adalah pengelompokkan yang lebih baik.



(a) Pengelompokkan yang buruk

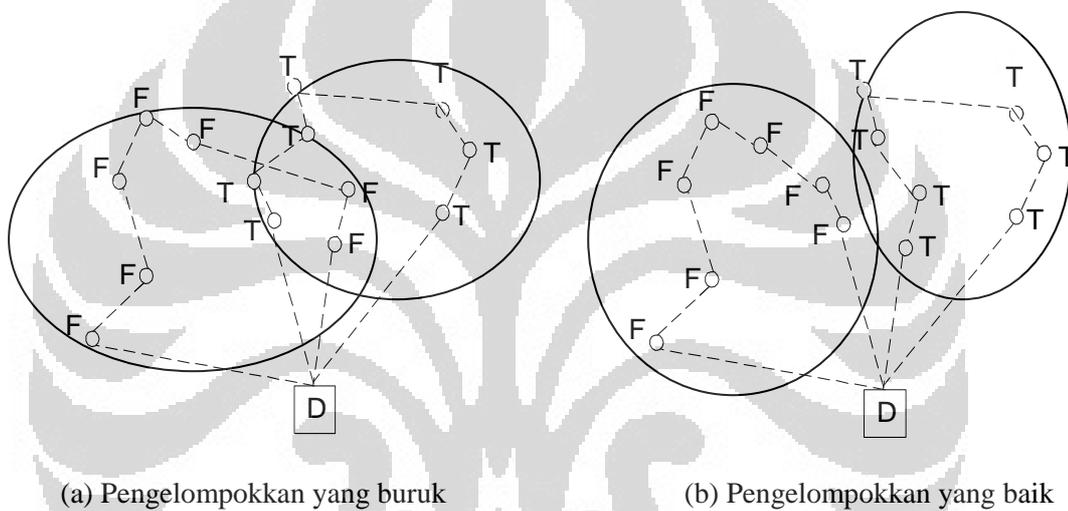
(b) pengelompokkan yang baik

**Gambar 2.3.** Pengelompokkan untuk penugasan kapasitas volume kendaraan

2. Pemberhentian pada hari yang berbeda diatur agar menghasilkan kelompok yang dekat dengan periode waktunya. Hal ini dilakukan untuk menghindari pengelompokkan pemberhentian yang tumpang tindih dan akan meminimalkan jumlah kendaraan yang dibutuhkan, waktu dan jarak perjalanan kendaraan selama periode waktunya. Gambar 2.4 (a) dan (b)

masing-masing menggambarkan contoh pengelompokan yang baik dan yang buruk.

3. Pembuatan rute dimulai dari pemberhentian yang terjauh dari depot untuk mendapatkan rute yang efisien. Setelah pemberhentian terjauh diidentifikasi, kapasitas kendaraan yang bertugas dipenuhi dengan menyeleksi kelompok terdekat dari pemberhentian tersebut. Setelah diperoleh kendaraan yang memenuhi volume tersebut, pilih kendaraan lain dan identifikasi pemberhentian terjauh dari depot yang belum dilakukan penugasan kendaraan. Lakukan proses ini hingga seluruh pemberhentian terpenuhi.



**Gambar 2.4.** Contoh Pengelompokkan per periode waktu

4. Rute yang paling efisien dibuat dengan menggunakan kendaraan dengan kapasitas terbesar. Idealnya, menggunakan kendaraan besar untuk melayani seluruh pemberhentian dalam satu rute akan meminimalkan jarak dan waktu total yang dibutuhkan. Untuk itu, kendaraan dengan kapasitas terbesar harus dialokasikan terlebih dahulu, sehingga akan memberikan utilitas yang bagus.
5. Pengambilan sebaiknya digabung dengan rute pengiriman daripada dilakukan pada akhir rute. Hal ini akan meminimalkan jalur yang berseberangan, tetapi tergantung pada konfigurasi kendaraan, volume pengambilan dan tingkat di mana volume pengambilan akan menghalangi volume pengiriman dalam kendaraan.

6. Pemberhentian yang dipindahkan dari kelompok rute merupakan kandidat terbaik untuk dijadikan pengiriman alternatif. Pemberhentian yang terisolasi dari kelompok, khususnya yang bervolume rendah dilayani dengan waktu dan biaya yang cukup besar. Dengan menggunakan kendaraan yang lebih kecil akan lebih ekonomis.
7. Batasan waktu yang sempit harus dihindari karena akan membuat urutan rute yang jauh dari ideal. Karena keterbatasan waktu terkadang tidak mutlak pemberhentian dengan *time windows* yang sempit sebaiknya dinegosiasi ulang untuk mendapatkan *time windows* yang lebih panjang.

#### 2.4. PENYELESAIAN VEHICLE ROUTING PROBLEM

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. Permasalahan ini juga bersifat unik di mana setiap permasalahannya membutuhkan pendekatan tersendiri untuk memperoleh solusi terbaik.

Suatu pendekatan praktis untuk metodologi solusi kuantitatif adalah teknik *preview-solve-review*. Model dibentuk sesuai dengan keadaan lapangan agar diperoleh hasil yang layak untuk diaplikasi. Langkah pertama adalah *preview* oleh peneliti berbagai kendala permasalahan. Tahap penyelesaian dilakukan dengan bantuan computer untuk memperoleh hasil. Dan terakhir, dilakukan *review* terhadap hasil yang diperoleh dan melakukan modifikasi hasil bila dibutuhkan agar hasil yang diperoleh dapat diaplikasikan ke lapangan.

#### 2.5. ALGORITMA TABU SEARCH

Metaheuristik, 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.

### 2.5.1. 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 keramat<sup>5</sup>. 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 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.

---

<sup>5</sup> Glover, Fred and Manuel Laguna, 1997, *Tabu Search*

*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.

### 2.5.2. 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 objective*, 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

### 2.5.3. 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.

### 2.5.4. Tabu Search pada VRP

*Tabu search* adalah salah satu metode yang tergabung dalam satu kelas yang disebut *meta-heuristic*<sup>6</sup>. 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

<sup>6</sup> 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

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

#### 2.5.4.1. Solusi Awal

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

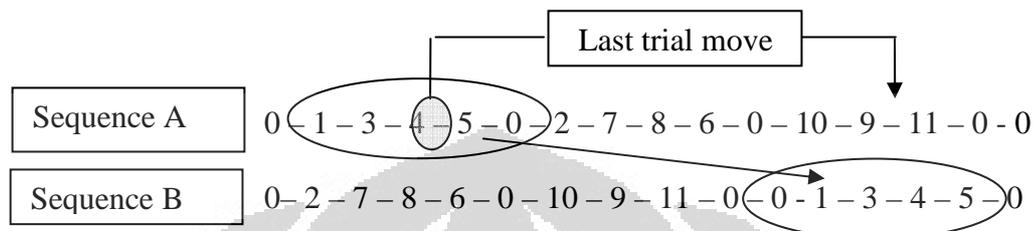
#### 2.5.4.2. Mekanisme Pembentukan Solusi Tetangga

Anggap  $S = \{R_1, \dots, R_p, \dots, R_v\}$  adalah merupakan solusi VRP 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  $\lambda$ -interchange oleh Osman untuk masalah *routing* dan *grouping*. Misalkan sepasang rute  $(R_p, R_q)$  dalam  $S$ ,  $\lambda$ -interchange yang dapat digunakan adalah:

- 1-interchange mechanism

Proses pada mekanisme ini ada dua yaitu proses pindah (*shift*) dan proses tukar (*exchange*). Proses pindah berdasarkan operator  $(1,0)$  dan  $(0,1)$ ,

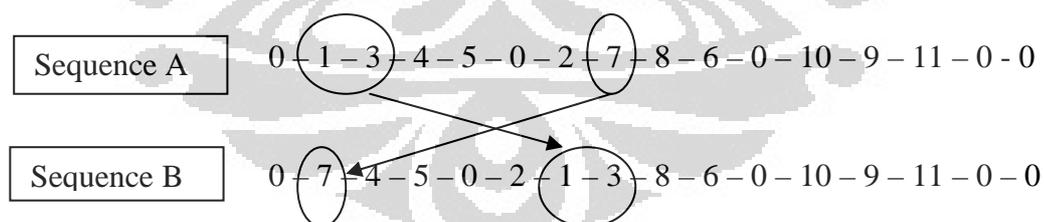
sedangkan proses tukar berdasarkan operator (1,1). Operator pindah (1,0) memindahkan satu konsumen dari rute  $R_p$  ke  $R_q$  sedangkan operator pindah (0,1) memindahkan satu konsumen dari rute  $R_q$  ke  $R_p$ . Operator (1,1) menukar masing-masing satu konsumen dari rute  $R_p$  ke  $R_q$  secara serentak.



**Gambar 2.5.** 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 2.6.** Insert move pada 2-Consecutive node interchange mechanism

### 2.5.4.3. 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 dihitung ulang.

#### 2.5.4.4. 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.

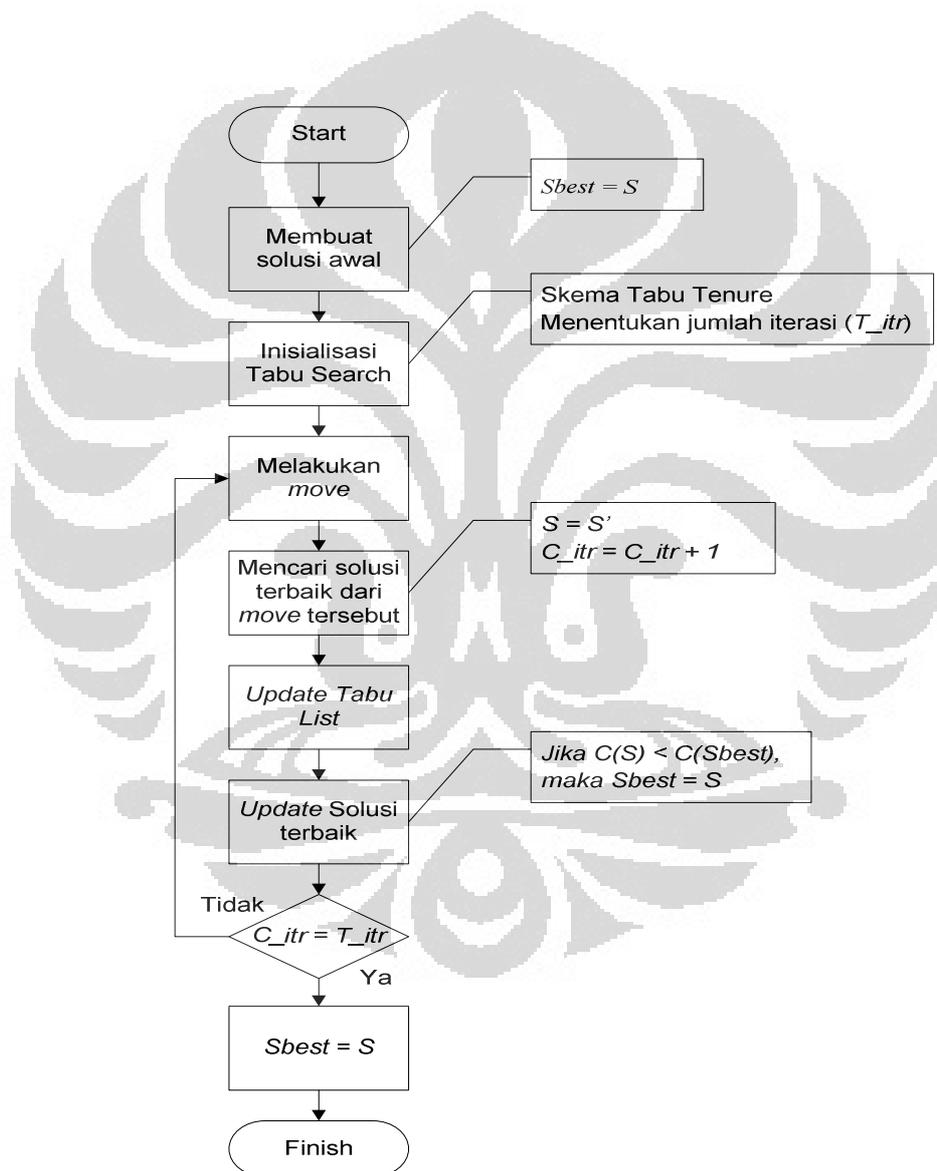
- Skema *Periodic TS (P-tabu)*  
Menerapkan nilai  $tt$  yang berubah secara periodic dari nilai yang kecil, sedang hingga besar. Perubahan tersebut dilakukan setelah melakukan iterasi sebanyak  $m$  iterasi.
- Skema *Reversed deterministic TS (Rd-tabu)*  
Merupakan skema baru yang diusulkan dengan mekanisme 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.

#### 2.5.4.5. Prosedur umum TS-VRP

Berikut adalah tahapan-tahapan umum dalam proses algoritma *tabu search* untuk VRP.

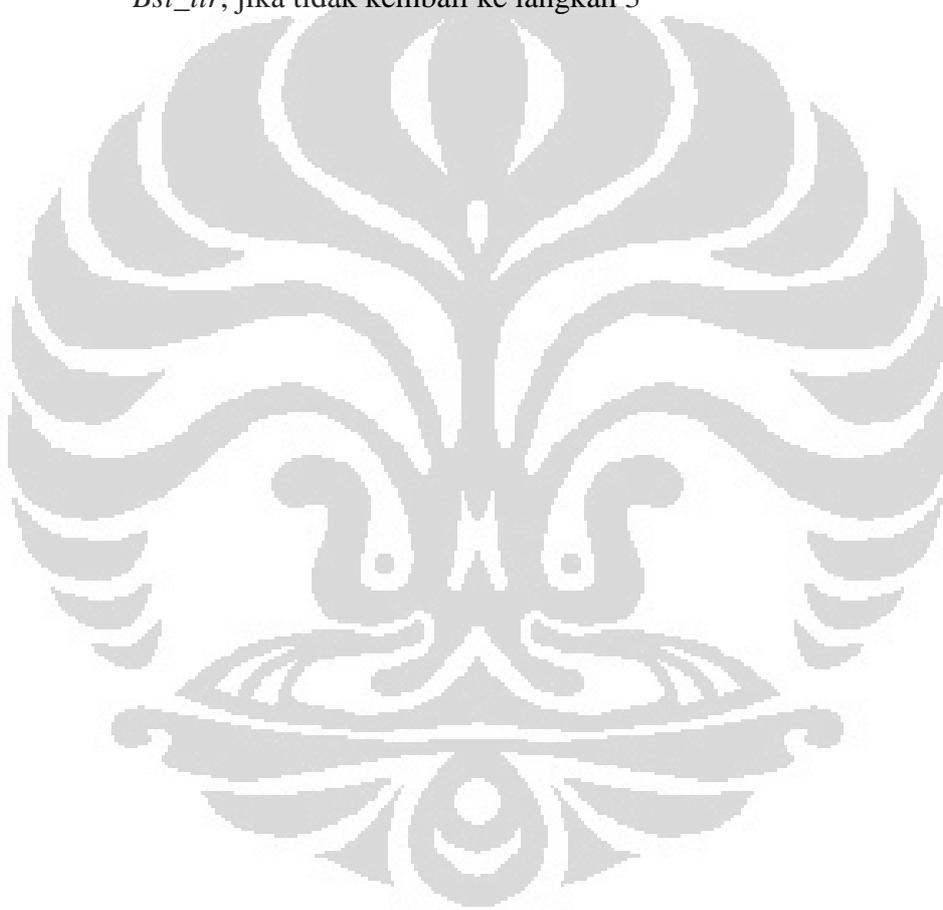
1. Menentukan solusi awal
  - Solusi awal diperoleh dari hasil pengolahan data dengan metode *random*
  - Tentukan  $S_{best} = S$ ,  $C_{itr} = 0$  (*current iteration counter*)
2. Inisialisasi *tabu search*
  - Tentukan skema *tabu tenure* serta nilai untuk tiap parameternya.
  - Tentukan jumlah total iterasi  $T_{itr}$ , dan  $B_{itr} = 0$  (*best iteration counter*)

- Matrik tabu list diset nol
3. 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



**Gambar 2.7.** Diagram Alir pengerjaan *Tabu Search* pada VRP

4. Perbaharui skema *tabu search*
  - Perbaharui daftar dalam *tabu list*
  - Perbaharui komponen skema *tabu tenure* jika diperlukan
5. Perbaharui solusi baru
  - Jika  $C(S) < C(S_{best})$ , maka tentukan  $S_{best} = S$  dan  $B_{itr} = C_{itr}$
6. Penghentian
  - Jika  $C_{itr} = T_{itr}$  maka , pencarian dihentikan, laporkan  $S_{best}$  dan  $Bst_{itr}$ , jika tidak kembali ke langkah 3



## **BAB 3**

### **PENGUMPULAN DATA**

#### **3.1. PROFIL PERUSAHAAN**

PT. PERTAMINA merupakan perusahaan minyak nasional yang didirikan pada tahun 1957 dimana Unit Lubricants sebagai salah satu *Strategic Business Unit (SBU)* yang mempunyai peranan sangat penting menyumbang keuntungan bagi korporasi. Dengan pengalaman lebih dari 30 tahun memasarkan produk pelumas di Indonesia saat ini PT. PERTAMINA telah menjadi penguasa pasar dengan didukung oleh 3 (tiga) Gudang Nusantara, 7 (tujuh) *Sales Region*, 42 *depot* dan 167 Agen Pelumas yang tersebar di seluruh Indonesia, sehingga memperkuat distribusi pelumas hingga ke konsumen akhir.

Kantor pusat PT. PERTAMINA Unit Pelumas berada di Gedung Oil Centre Lt. 6, Jl. MH Thamrin dengan memiliki 3 (tiga) *lube oil blending plant* di Jakarta, Cilacap dan Gresik serta *grease plant* di Jakarta, yang memproduksi pelumas industri maupun otomotif untuk kebutuhan konsumen di Indonesia. Produk pelumas yang dihasilkan oleh PT. PERTAMINA antara lain pelumas industri dan perkapalan serta pelumas otomotif baik untuk roda dua maupun roda empat dengan total jumlah produk (*stock keeping unit*) lebih dari 300 macam baik dalam bentuk kemasan curah (*bulk*), drum, pail maupun doos.

*Sales Region III* merupakan salah satu wilayah kerja Unit Pelumas meliputi propinsi Banten, DKI Jakarta dan Jawa Barat dengan jumlah agen sebanyak total 35 agen yang menjual produk pelumas baik segmen industri maupun otomotif.

#### **3.2. PENGUMPULAN DATA**

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan sistem penjadwalan dan rute pengiriman yang efektif dan efisien berdasarkan kondisi-kondisi yang ada di wilayah kerja *Sales Region III* dengan tujuan mendapatkan biaya distribusi yang optimal. Data-data yang dibutuhkan mencakup data armada pengiriman, data kebutuhan (*demand*) rata-rata per Agen berdasarkan data historis selama 2 tahun

terakhir, jarak dan lokasi Agen Pelumas, biaya distribusi yang timbul dan data-data lainnya yang berhubungan dengan penelitian ini.

### 3.2.1. Data Depot, Konsumen dan Jarak antar lokasi

Tabel 3.1 berikut memperlihatkan data alamat depot dan gudang Agen Pelumas yang menjadi tujuan pengiriman produk.

**Tabel 3.1.** Lokasi Depot dan Gudang Agen Pelumas

No	Agen Pelumas	Alamat Gudang
1	Depot Plumpang	Jl. Jembatan Tiga, Plumpang
2	PT. Barisan Nusantara Abadi	JL. Raya Bekasi Timur km. 17 no 6 Klender
3	PT. Dharma Wira Sentosa	Jl. Ancol Barat I NO.1 Jakarta Utara
4	PT. Duta Buana Perkasa	Jl. Lodan Raya Ancol
5	PT. Dwikarya Mitra Lubrindo	Jl. Tongkol No. 10 Sunda Kelapa Jakarta Utara
6	PT. Federal Karyatama	JL. Pulo Buaran Gudang Tiga Kawasan Industri Pulogadung
7	PT. Karunia Intisari Bumi	JL. Pegangsaan II Raya km.5 no 88 Kelapa Gading
8	PT. Kebayoran Etika Pratama	JL. Ciputat Raya no 20 Tanah Kusir, Kebayoran Lama
9	PT. Kurniadi Perdana Graha	Marunda Center Block C, Marunda
10	PT. Lobunta Kencana Raya	JL. Jati Waringin no 26 Pondok Gede
11	PT. Mahaputra Adi Nusa	Jl. Keranggan Muda 2A, Gunung Putri, Bogor
12	PT. Makmur Langgeng Gita Mulia	Jl. Arteri tengah no. 33 Cilincing Marunda Jakarta Utara
13	PT. Nesitor Sumber Agung	JL. Jati mekar no 90 Pondok Gede
14	PT. Pertalube Nusa Jaya	Jl. Krapu Sunda Kelapa Jakarta Utara
15	PT. Prabawa Parama	Jl. Mangga no. 27 Semper Jakarta Utara
16	PT. Repan's Utama Jaya	JL. Lingkar Duren Sawit no 10, Jakarta Timur
17	PT. Sadikun Niagamas Raya	JL. Plumpang Raya no. 62 Semper Jakarta Utara
18	PT. Salilubindo Indonusa	JL. PKP no 41 Ciracas - Jakarta Timur
19	PT. Samudra Jaya Segara	JL. Perintis Kemerdekaan kav.1 no 194 Jakarta Timur
20	PT. Sarana Langgeng Lestari	JL. Bhayangkara RT 02 RW 05 Semper
21	PT. Suka Murah dan Laris	Jl. Tipar Cakung Jakarta Utara
22	PT. Sukun Niaga Utama	JL. Plumpang Semper no 66, Semper Jakarta Utara
23	PT. Sumbermas Intinusa	Jl. Lodan Sunda Kelapa Jakarta Utara
24	PT. Wahana Olindo Makmur	JL. Agung Niaga Blok 6B no 14 Sunter
25	PT. Warso Dharma Utama	JL. Percetakan Negara XI no 56 Jakarta Timur
26	PT. Wijaya Gita Utama	JL. Agung Perkasa VIII blok KI no 45 Sunter

Sumber : Data Unit Lubricants

Berdasarkan data lokasi depot dan gudang agen serta rute pengiriman yang dilalui oleh armada angkut, maka didapatkanlah jarak antar lokasi depot-konsumen

maupun konsumen-konsumen yang dibuat dalam bentuk matriks jarak yang ditunjukkan pada lampiran 1.

### 3.2.2. Data Permintaan Agen Pelumas

Jumlah permintaan pelumas kemasan drum dan doos oleh konsumen dalam hal ini Agen Pelumas wilayah Jakarta dan sekitarnya diambil dari sumber data pada sistem MySAP PT. PERTAMINA dan merupakan rata-rata per bulan dalam 2 (dua) tahun terakhir. Selengkapnya dapat terlihat pada tabel 3.2.

**Tabel 3.2.** Data Rata-rata Permintaan Bulanan Agen Pelumas

No	Agen Pelumas	Demand		Frekuensi Pengiriman	
		drum	doos	Drum	Doos
1	PT. Barisan Nusantara Abadi	193	392	4	1
2	PT. Dharma Wira Sentosa	273	851	6	2
3	PT. Duta Buana Perkasa	595	3519	12	6
4	PT. Dwikarya Mitra Lubrindo	105	1371	3	3
5	PT. Federal Karyatama	134	34	3	1
6	PT. Karunia Intisari Bumi	284	2068	6	4
7	PT. Kebayoran Etika Pratama	85	8687	2	15
8	PT. Kurniadi Perdana Graha	797	1914	16	4
9	PT. Lobunta Kencana Raya	275	500	6	1
10	PT. Mahaputra Adi Nusa	99	1210	2	3
11	PT. Makmur Langgeng Gita Mulia	112	4609	3	8
12	PT. Nesitor Sumber Agung	140	4502	3	8
13	PT. Peralube Nusa Jaya	57	141	2	1
14	PT. Prabawa Parama	760	12477	16	21
15	PT. Repan's Utama Jaya	32	5029	1	9
16	PT. Sadikun Niagamas Raya	1464	4371	30	8
17	PT. Salilubindo Indonusa	300	2503	6	5
18	PT. Samudra Jaya Segara	230	1763	5	3
19	PT. Sarana Langgeng Lestari	136	480	3	1
20	PT. Suka Murah dan Laris	363	1539	8	3
21	PT. Sukun Niaga Utama	209	538	5	1
22	PT. Sumbermas Intinusa	700	1275	14	3
23	PT. Wahana Olindo Makmur	82	3713	2	7
24	PT. Warso Dharma Utama	210	8316	5	14
25	PT. Wijaya Gita Utama	534	17871	11	30

Sumber : Data MySAP Pertamina

### 3.2.3. Data Armada Pengiriman

Pengiriman pelumas akan menggunakan truk box tertutup agar kualitas kemasan yang diterima konsumen lebih baik. Data-data armada truk yang dibutuhkan adalah sebagai berikut :

- Kapasitas muatan truk
  - max. 50 drum per truk (berat 12 - 15 MT)
  - max. 600 doos per truk (berat 12 - 15 MT)
- Jumlah ban truk : tiap truk memakai 6 ban
- Asumsi kecepatan rata-rata truk : 30 km/jam

Pemilihan kendaraan truk tipe ini dikarenakan adanya peraturan Dirjen Perhubungan yang tidak memperbolehkan kendaraan dengan jumlah ban lebih dari 6 untuk beroperasi di dalam kota, dimana secara umum lokasi gudang Agen Pelumas berada di dalam area kota Jakarta dan sekitarnya.

### 3.2.4. Biaya Pengiriman

Biaya pengiriman yang akan digunakan adalah biaya angkut pelumas yang telah ditetapkan oleh PT. PERTAMINA melalui Surat Keputusan Direktur Pemasaran dan Niaga PT. PERTAMINA. Besarnya tarif ongkos angkut pelumas adalah sebesar Rp. 600,- per MT per km. Tarif ini telah memperhitungkan investasi penyediaan armada truk, biaya operasional dan perawatan kendaraan, biaya pengemudi dan operator, biaya administrasi dan *overhead cost* lainnya.

### 3.2.5 Data Informasi Pelayanan Depot

Depot yang berlokasi di daerah Plumpang, Jakarta Utara mempunyai ketentuan waktu kerja sebagai berikut :

- Hari Kerja : Senin – Jumat
- Jam Kerja : Pukul 7.00 – 16.00 (waktu pelayanan)  
Pukul 16.00 – 18.00 (waktu kembalinya armada truk)

### 3.2.6. Data Waktu

#### **Time windows**

Time windows adalah rentang waktu tertentu untuk menerima pengiriman produk. Waktu ini didefinisikan sebagai waktu awal dan waktu akhir pelayanan di Agen Pelumas. Secara umum waktu pelayanan untuk dapat menerima produk di gudang Agen Pelumas adalah antara pukul 08.00 – 17.00 setiap hari kerja yaitu Senin – Jumat, sehingga asumsi total hari kerja per bulan adalah 20 hari kerja.

#### **Waktu Tempuh**

Kecepatan mobil rata-rata adalah 30 km/jam, dengan mempertimbangkan jarak, jalur yang diambil serta karakteristik dari jalur tersebut.

#### **Waktu *Loading/Unloading***

Waktu loading atau unloading baik di depot maupun gudang Agen diambil rata-rata sekitar 1 jam, termasuk di dalamnya adalah aktivitas administrasi, waktu tunggu, waktu istirahat pengemudi dan lainnya.

#### **Waktu Delivery**

Waktu delivery ke masing-masing Agen setiap harinya disesuaikan dengan jam kerjanya yaitu dari pukul 08.00 hingga pukul 17.00.

## **BAB 4**

### **PENGOLAHAN DATA DAN ANALISIS**

#### **4.1. PEMODELAN PERMASALAHAN**

Berdasarkan permasalahan dan data-data yang ada dibuatlah suatu model matematis untuk menentukan bentuk sistem distribusi yang dikehendaki. Bentuk model yang disusun mengacu kepada tujuan yang diinginkan dan kendala-kendala yang timbul dari kondisi yang ada. Selain itu kumpulan-kumpulan jurnal merupakan acuan yang sangat penting dalam penyusunan model dipandang dari kesamaan fungsi tujuan, bentuk permasalahan dan kendala-kendala yang dihadapi. Model tersebut berupa fungsi-fungsi matematis yang menyatakan secara kuantitatif hubungan antara berbagai komponen, yang telah didefinisikan dalam sistem yang relevan untuk masalah yang diidentifikasi. Pemodelan dalam persamaan matematis ini akan menjadi titik awal penyelesaian masalah dan menjadi dasar penyusunan program dalam menciptakan solusi.

##### **4.1.1. Uraian Model Matematis**

Model yang dibutuhkan dalam permasalahan penulisan ini adalah mencari jumlah kendaraan minimal yang dibutuhkan dan jarak optimal untuk dapat mengirim seluruh produk sesuai kebutuhan pelanggan dari Depot ke Agen Pelumas untuk selanjutnya kembali lagi ke Depot berdasarkan kendala-kendala yang ditentukan. Stok produk yang disuplai oleh Depot dianggap mempunyai ketersediaan yang cukup untuk memenuhi seluruh kebutuhan dari Agen Pelumas di wilayah Jakarta dan sekitarnya.

Produk yang dikirim terdiri dari 2 jenis produk berdasarkan bentuk kemasan yaitu drum dan doos, yang dikirim ke setiap tujuan sesuai kebutuhan rata-rata per bulan. Persediaan pengaman di gudang Agen Pelumas diasumsikan sama yaitu rata-rata minimal 2 minggu sesuai dengan ketentuan dari PT. PERTAMINA *Unit Lubricants*, sehingga tidak akan mempengaruhi rencana pengiriman produk selanjutnya.

Pengiriman ke lokasi tujuan dibatasi oleh waktu kerja baik di Depot maupun Agen Pelumas dengan kondisi pengiriman dapat dilakukan ke beberapa titik tujuan dalam satu trip pengiriman jika sisa produk yang diangkut truk masih dapat dikirim langsung ke tujuan lain tanpa harus kembali ke depot. Selain itu diberlakukan juga interval waktu antara pengiriman selanjutnya dengan pengiriman sebelumnya untuk masing-masing produk.

Jurnal yang menjadi acuan dalam penyusunan model matematis adalah “*Vehicle Routing Problem with Time Windows and A Limited Number of Vehicles*” yang disusun bersama oleh Hoong Chuin Lau, Melvyn Sim dan Kwong Meng Teo, (2003) serta jurnal lainnya dengan judul “*A Tabu Search Heuristic for the Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries*” disusun oleh Sin C. Ho dan Dag Hangleland, (2002). Model matematis yang diterapkan pada penulisan ini berbeda dengan kedua jurnal tersebut berdasarkan evaluasi melihat kondisi dan kendala-kendala yang ada. Namun demikian persamaannya dengan kedua jurnal tersebut adalah permasalahan VRP dengan *time windows* dan menggunakan metode algoritma *tabu search*.

#### 4.1.2. Penyusunan Model Matematis

Notasi dan simbol yang digunakan dalam model matematis penulisan ini dapat dijabarkan sebagai berikut :

- $K$  = himpunan kendaraan truk yang tersedia dengan index  $k$
- $I$  = himpunan konsumen dengan index  $i$
- $J$  = himpunan kunjungan (*call*) yang mungkin dilakukan pada konsumen  $i$  dengan index  $j$
- $L$  = himpunan jumlah perjalanan (*trip*) kendaraan truk  $k$  dengan index  $l$

Variabel

- $y_{ijkl}$  = binary variable, bernilai sama dengan 1 jika kendaraan truk- $k$  pada perjalanan- $l$  dari depot ke konsumen- $i$  pada kunjungan ke- $j$ , bernilai sama dengan 0 jika sebaliknya.
- $x_{ijkl}$  = waktu pengiriman produk dari depot ke konsumen  $i$  untuk trip  $l$  pada kunjungan ke- $j$  dengan angkutan truk  $k$

Parameter

$f_i$  = frekuensi pengiriman produk dari depot ke konsumen  $i$

#### 4.1.3. Fungsi Tujuan

Fungsi tujuan model persamaan dalam permasalahan ini adalah meminimalkan jumlah kendaraan truk  $k$  yang dibutuhkan untuk mengirim produk dari depot ke setiap konsumen  $i$  sesuai dengan kebutuhan (*demand*)  $Q$  yang ada, dinyatakan dengan :

$$\text{Minimize } Z = \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K y_{i1k1} \quad (4.1)$$

#### 4.1.4. Fungsi Kendala

Fungsi kendala pada permasalahan penulisan ini dapat dinyatakan dalam model persamaan sebagai berikut :

1. Menyatakan waktu kedatangan kendaraan truk  $k$  di konsumen  $i$  antara kunjungan (*call*)  $j$  yang satu dengan kunjungan sebelumnya.

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L x_{ij+1kl} \geq \sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L \left[ x_{ijkl} + \frac{20}{f_i} y_{ijkl} \right] \quad \forall (i, j) \quad (4.2)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{l=1}^L x_{ij+1kl} \leq 20 \quad \forall (i, j) \quad (4.3)$$

2. Menyatakan waktu kedatangan antar kendaraan truk  $k$  pada trip  $l$  antara satu kedatangan dengan kedatangan berikutnya di konsumen  $i$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ijkl+1} \geq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ijkl} + 1/2 \quad \forall (k, l) \quad (4.4)$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ijkl+1} \leq \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J x_{ijkl} + 1 \quad \forall (k, l) \quad (4.5)$$

$$x_{ijkl} \geq 0 \quad \forall (i, j, k, l) \quad (4.6)$$

## 4.2. PENGOLAHAN DATA PENENTUAN SISTEM DISTRIBUSI

Tujuan pengolahan data untuk penelitian ini adalah mencari jumlah kendaraan yang minimal serta menentukan penjadwalan dan rute distribusi yang optimal untuk mendapatkan total jarak yang minimum dilakukan dengan alat bantu pemrograman komputer yaitu program MATLAB dengan menggunakan metode algoritma *Tabu Search* mengacu kepada model matematis yang telah dijabarkan sebelumnya. Sebelum program ini dinyatakan sesuai untuk permasalahan ini dan selanjutnya diaplikasikan, maka terlebih dahulu dilakukan proses verifikasi dan validasi terhadap program tersebut untuk mengecek kebenaran terhadap solusi dari program tersebut.

### 4.2.1. Penentuan Solusi Awal

#### 4.2.1.1. Input

Metode yang digunakan untuk menentukan solusi awal adalah metode acak (*random*) dengan memasukkan parameter-parameter yang diperlukan untuk pengolahan data awal seperti jarak depot ke pelanggan, jarak antar pelanggan, lokasi depot dan pelanggan, *time windows* depot dan pelanggan, waktu tempuh antar lokasi, waktu *loading* dan *unloading* serta kapasitas angkut kendaraan truk.

#### 4.2.1.2. Pencarian Solusi Rute Optimal

Hasil dari tahap ini berupa penentuan rute distribusi yang paling optimal dengan menggunakan program yang ada, dengan pencarian berbasis pada algoritma *Tabu Search*. Data yang diperlukan untuk membuat program tersebut di atas antara lain adalah matrik jarak antara depot ke pelanggan dan jarak antar pelanggan, data umum pelanggan, data permintaan pelanggan rata-rata per bulan dan data kondisi pengiriman. Data-data tersebut dimasukkan dalam *spreadsheet Microsoft Office Excel* yang dapat terhubung. Pada setiap proses pengerjaan atau *run* program, data yang perlu dimasukkan adalah data rute pengiriman solusi awal yang akan dioptimalkan. Data rute pengiriman yang dimasukkan pada proses *run* program ini selanjutnya akan diolah sesuai dengan tahapan algoritma *tabu search*.

### 4.2.1.3. Output

Output dari pengolahan data di solusi awal ini adalah urutan tujuan pelanggan yang akan dikunjungi sehingga akan didapatkan total jarak pengiriman yang optimal. Hasil solusi awal yang terbaik kemudian dilakukan proses pengolahan selanjutnya yaitu di-convert ke solusi VRP dengan menggunakan algoritma *tabu search*.

### 4.2.2. Verifikasi dan Validasi Program

Tahapan awal sebelum menyelesaikan permasalahan penentuan sistem distribusi yaitu menghitung jumlah kendaraan dan jarak optimal sebagai perhitungan biaya distribusi yang optimal dengan menggunakan metode algoritma *tabu search*, maka terlebih dahulu dilakukan proses verifikasi dan validasi program. Verifikasi merupakan tahap untuk melihat kesesuaian program dengan konsep yang kita inginkan. Parameter program dikatakan telah terverifikasi apabila program tersebut berjalan sesuai dengan konsep, di mana terdapat perubahan total jarak pengiriman. Apabila program yang dijalankan dengan mengubah-ubah parameter dan menghasilkan output yang berbeda-beda sesuai harapan, berarti program tersebut telah terverifikasi. Tahap verifikasi ini dilakukan dengan mengubah-ubah parameter jumlah panjang *tabu*, solusi tetangga dan jumlah iterasi maksimum.

Dengan mengubah-ubah parameter panjang *tabu* (*tabu list*) dan menentukan parameter yang lain tetap, yaitu solusi tetangga 20 dan jumlah iterasi 100 kali, diperoleh semakin besar jumlah *tabu list* maka total jarak yang dihasilkan perbedaannya tidak terlalu besar.

**Tabel 4.1.** Hasil Verifikasi dengan Mengubah *Tabu List*

Jumlah <i>Tabu List</i>	Total Jarak (km)	Waktu Iterasi (detik)
10	8266,4	71,93
20	8259,0	68,85
30	8275,1	70,56
40	8292,9	68,21
50	8272,6	67,63

Dengan mengubah-ubah parameter solusi tetangga dan parameter yang lain tetap, yaitu *tabu list* 20 dan jumlah iterasi 100 kali, diperoleh semakin besar jumlah solusi tetangga maka total jarak yang dihasilkan semakin kecil.

**Tabel 4.2.** Hasil Verifikasi dengan Mengubah Solusi Tetangga

Jumlah Solusi Tetangga	Total Jarak (km)	Waktu Iterasi (detik)
10	8336,1	38,49
20	8312,4	67,93
30	8263,9	97,86
40	8249,8	128,43
50	8257,1	159,51

Dengan mengubah-ubah parameter jumlah iterasi sedangkan parameter yang lain tetap, yaitu *tabu list* 20 dan solusi tetangga 20, diperoleh semakin besar jumlah iterasi maka total jarak yang dihasilkan semakin kecil.

**Tabel 4.3.** Hasil Verifikasi dengan Mengubah Jumlah Iterasi

Jumlah Iterasi Maksimum	Total Jarak (km)	Waktu Iterasi (detik)
100	8284,3	68,74
200	8295,4	129,42
300	8301,4	194,92
400	8265,4	250,92
500	8261,5	309,46

Untuk tahapan validasi dapat dilakukan dengan metode perhitungan manual dengan mengambil sampel tujuan pelanggan untuk kemudian dibandingkan dengan hasil perhitungan program.

Data yang digunakan adalah data dua rute dengan tujuan rute adalah 1-18-1-12-1-19-1 (DPT-SLI-MLG-SJS) dan 1-3-1-9-1-7-1 (DPT-NSA-KPG-KIB), dengan matrik jarak antar masing-masing lokasi seperti pada tabel 4.4.

**Tabel 4.4.** Matrik Jarak *Data Dummy* Antar Lokasi

	Depot	SLI	MLG	SJS	NSA	KPG	KIB
Depot	0.0	27.8	9.4	6.8	30.3	15.6	11.5
SLI	27.8	0.0	36.5	25.0	15.7	42.0	27.2
MLG	9.4	34.1	0.0	14.8	20.5	8.3	6.1
SJS	6.8	23.4	11.9	0.0	27.4	17.3	6.0
NSA	30.3	16.1	23.4	28.1	0.0	28.7	21.0
KPG	15.6	41.7	7.6	18.4	28.0	0.0	11.5
KIB	11.5	31.4	6.0	8.7	19.9	11.3	0.0

Dengan melakukan perhitungan manual berdasarkan matrik jarak diatas, data kecepatan rata-rata 30 km/jam dan waktu *loading/unloading* adalah 1 jam, maka didapat hasil perhitungan sebagai berikut :

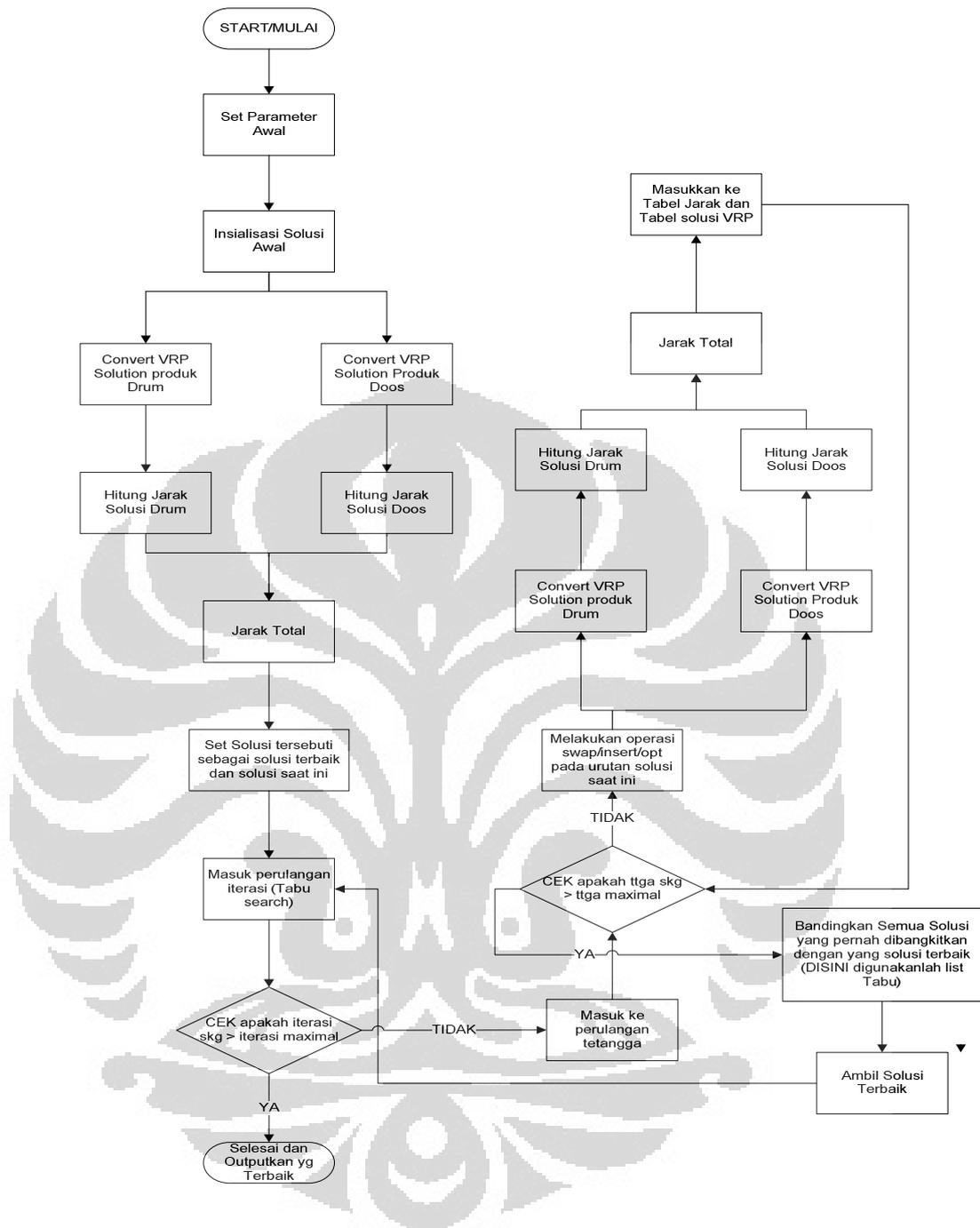
- Rute 1-18-1-12-1-19-1 (DPT-SLI-MLG-SJS) mempunyai total jarak 88,0 km. Adapun total waktu yang dibutuhkan untuk mengirim produk termasuk waktu *loading* dan *unloading* adalah 8,933 jam.
- Rute 1-3-1-9-1-7-1 (DPT-NSA-KPG-KIB) mempunyai jarak total jarak 114,8 km. Adapun total waktu yang dibutuhkan untuk mengirim produk termasuk waktu *loading* dan *unloading* adalah 9,827 jam.

Sedangkan hasil iterasi program untuk kedua rute tersebut terlihat pada table 4.5.

**Tabel 4.5.** Iterasi *Data Dummy*

Rute	Iterasi	Jarak (km)	Jam Kedatangan	Jam Selesai	Total Waktu (jam)
DPT-SLI-MLG-SJS	2000	88.0	7	15.93	8.93
DPT-NSA-KPG-KIB	2000	114.8	7	16.83	9.83

Berdasarkan hasil perhitungan manual dengan membandingkan hasil iterasi pengolahan data didapat kesesuaian hasil antar keduanya. Dengan demikian program telah terverifikasi dan tervalidasi dengan baik dan dapat dijalankan untuk mendapatkan rute dan penjadwalan pengiriman yang optimal.



**Gambar 4.1.** Diagram Alir Pengolahan Data Algoritma *Tabu Search* untuk *Vehicle Routing Problem*

#### 4.2.3. Pengerjaan Algoritma *Tabu Search*

Pada langkah pengerjaan algoritma, program akan melakukan proses *input* data rute dan hari pengiriman berdasarkan solusi awal yang dilakukan secara acak (*random*). Kemudian program akan mengakses database pada *spreadsheet* yaitu

berupa data matriks jarak antara depot ke lokasi pelanggan dan jarak antar pelanggan. Jarak dari solusi awal ini akan dijadikan solusi terbaik saat ini dimana nantinya akan digantikan jika ditemukan jarak yang lebih pendek.

Selanjutnya dilakukan tahapan inisialisasi sesuai jumlah iterasi dan penggunaan *tabu tenure*. Jumlah iterasi yang digunakan berkisar antara 100 hingga 7.500 iterasi, hal ini bergantung pada jumlah konsumen yang diproses, lama waktu iterasi yang masih memungkinkan dan hasil yang didapatkan. Sedangkan dalam penelitian ini, skema *tabu tenure* yang digunakan adalah *fix tabu tenure*, artinya selama iterasi, maksimal *tabu tenure* adalah tetap.

Pada pengolahan data penulisan ini, besaran panjang tabu (*tabu list*) yang digunakan adalah tetap 50 dan solusi tetangga (*neighborhood*) juga 50. Maka dengan jumlah iterasi bervariasi dari 100 iterasi hingga 7.500 iterasi maka akan didapatkan jumlah solusi antara  $50 \times 100 = 5.000$  solusi hingga  $50 \times 7.500 = 375.000$  solusi (1 iterasi membangkitkan 50 tetangga).

Di tahapan selanjutnya adalah masuk ke perulangan solusi tetangga, dimana pada solusi saat ini (pada saat iterasi pertama, solusi saat ini adalah solusi awal), urutan rute tujuan yang dikunjungi akan dilakukan proses *swap*, *insert* dan *opt-*, dengan cara melakukan *random* urutan lokasi tujuan untuk selanjutnya di-*convert* lagi ke solusi VRP untuk mendapatkan jarak total yang minimum. Proses ini dilakukan terus menerus hingga proses perulangan tetangganya selesai dilakukan dan mendapatkan solusi terbaik yang ada. Pada setiap iterasi, dilakukan pengecekan apakah atribut *move* yang digunakan masuk dalam *tabu list* atau tidak. Jika masuk dalam daftar, maka *move* tersebut tidak boleh dilanjutkan ke proses selanjutnya, sedangkan jika *move* yang digunakan tidak terdapat dalam daftar tabu, maka solusi tersebut diproses lanjut dengan pengecekan kapasitas permintaannya, apakah mencukupi sesuai kapasitas kapal tongkang atau tidak. Apabila tidak memenuhi, maka *move* tersebut tidak dapat melanjutkan ke proses selanjutnya, namun jika memenuhi, maka solusi tersebut menjadi solusi yang dipilih.

Proses selanjutnya adalah mengatur ulang urutan konsumen dalam rute tersebut untuk mendapatkan hasil yang lebih optimal. Kemudian dilakukan pengecekan terhadap solusi yang dipilih tersebut apakah memiliki jarak yang

lebih baik daripada solusi terbaik pada kondisi iterasi saat ini, jika ya, maka solusi tersebut menjadi solusi terbaik yang baru dan akan menjadi solusi saat ini berikutnya, dan kemudian diproses dengan iterasi-iterasi berikutnya.

Gambar 4.1 memperlihatkan secara jelas diagram alur pengolahan data dengan metode algoritma *tabu search* untuk VRP yang digunakan pada penulisan ini.

#### 4.2.4. Output

Hasil pengolahan data dengan algoritma *tabu search* adalah berupa urutan rute pelanggan yang optimal dan penjadwalan pengiriman yang telah ditentukan dengan total jarak tempuh yang lebih kecil dibandingkan dengan total jarak tempuh solusi awal. Hasil yang diperoleh tersebut didapatkan dengan melakukan beberapa iterasi-iterasi untuk mendapatkan hasil yang optimal.

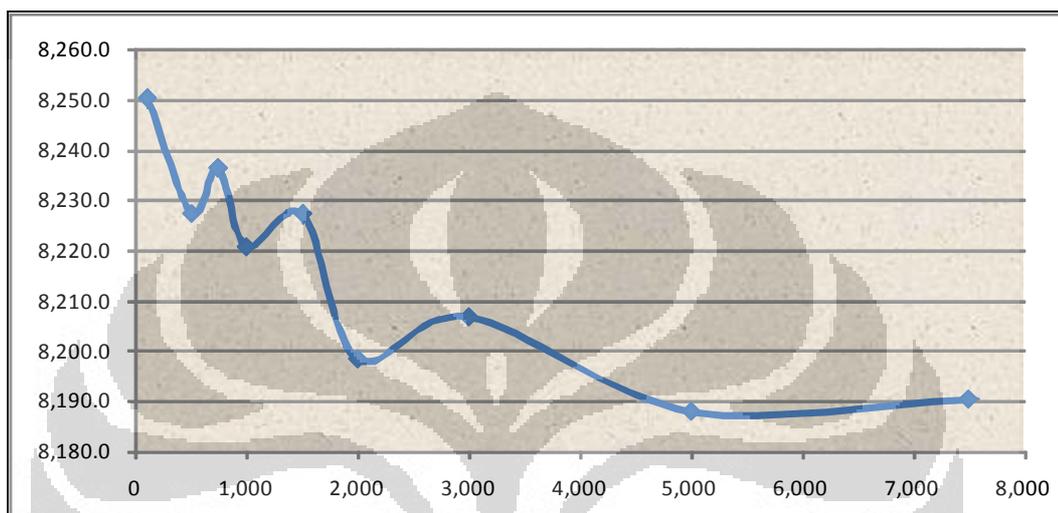
Dengan penetapan parameter perhitungan seperti yang disebutkan diatas, didapat hasil total jarak pengiriman produk pelumas yang minimum untuk penelitian ini sebesar 8.187,9 km dengan waktu perhitungan yang dibutuhkan selama 2 jam 9 menit 59 detik menggunakan notebook PC dengan spesifikasi processor AMD Turion X2 Ultra Dual Core Mobil XM-82 2,2 GHz RAM 1,00 GB dan software programming MATLAB versi 7.9.0.

**Tabel 4.6.** Hasil Iterasi Pengolahan Algoritma *Tabu Search*

Jumlah Iterasi	Solusi Awal (km)	Jarak Min. (km)	Waktu Iterasi (detik)	Jumlah Kendaraan	
				demand drum	demand doos
100	8549.1	8250.0	158.3	4	4
500	8518.7	8227.3	785.9	4	4
750	8490.0	8236.1	1152.2	4	4
1000	8542.4	8220.5	1526.1	4	4
1500	8505.9	8227.1	2301.4	4	4
2000	8529.9	8198.3	3055.4	4	4
3000	8522.1	8206.8	4642.3	4	4
5000	8552.1	8187.9	7799.5	4	4
7500	8480.7	8190.3	11496.5	4	4

Tabel 4.6 menunjukkan beberapa hasil iterasi pengolahan data menggunakan algoritma *tabu search* dimana didapat hasil total jarak solusi akhir lebih baik dibandingkan dengan solusi awal. Perhitungan dengan berbagai iterasi

didapat hasil optimal untuk jarak minimal ada pada iterasi ke 5000 dengan hasil jarak minimal adalah 8.187,9 km, sedangkan pada kondisi jumlah iterasi lebih dari itu yaitu 7500, jarak minimal yang ada lebih besar dari iterasi sebelumnya. Hal ini menandakan bahwa perhitungan optimal terjadi pada iterasi ke 5000, sedangkan kenaikan iterasi setelahnya cenderung tidak optimal.



**Gambar 4.2.** Grafik Hasil Total Jarak Tempuh terhadap Jumlah Iterasi

### 4.3. ANALISIS PENGOLAHAN DATA

Untuk mendapatkan hasil pengolahan data seperti diatas, dilakukan percobaan dan iterasi dengan berbagai parameter untuk mendapatkan kondisi rute pengiriman yang optimal. Perubahan yang paling mempengaruhi hasil perhitungan adalah perubahan parameter jumlah iterasi dan tetangga (*neighborhood*). Gambar 4.2 menunjukkan grafik total jarak rute pengiriman dengan berbagai iterasi. Pada kondisi jumlah iterasi dibawah 2.000 kali berkurang secara signifikan, kemudian dari jumlah iterasi 2.000 kali sampai dengan jumlah iterasi sebanyak 7.500 kali, total jarak rute pengiriman tidak berubah lagi secara signifikan.

#### 4.3.1. Analisis Penjadwalan Pengiriman

Kondisi saat ini penjadwalan pengiriman lebih bergantung terhadap besarnya permintaan (*demand*) bulanan dari masing-masing Agen Pelumas, namun kondisi tersebut hanya berpengaruh kepada kesiapan PT. PERTAMINA

menyediakan stok pelumas pada saat terjadi peningkatan permintaan dikarenakan pengambilan pelumas ke Depot dilakukan sendiri oleh masing-masing Agen Pelumas. Kondisi penjadwalan pengambilan yang tidak menentu dan jumlah permintaan yang fluktuatif dapat berdampak pada *Supply Chain Management* penyediaan produk.

Dengan adanya usulan berupa penentuan rute distribusi dan sistem penjadwalan pengiriman, dimana PT. PERTAMINA melakukan distribusi pengiriman langsung dari Depot ke Agen Pelumas diharapkan sistem distribusi akan lebih baik sehingga berpengaruh terhadap estimasi penyediaan stok di Depot, program produksi yang lebih baik di pabrik yang tentunya akan mengurangi adanya produk *slow moving*, *dead stok* serta potensi kerugian lain akibat sistem distribusi yang tidak tertata dengan baik.

Adapun hasil dari penelitian ini berupa penjadwalan pengiriman ke pelanggan dapat dilihat pada lampiran 2 dan lampiran 3.

#### **4.3.2. Analisis Jumlah Kendaraan**

Penulisan ini berdasarkan selain menentukan rute pengiriman dan penjadwalan yang efektif, berdasarkan fungsi tujuan yang telah ditentukan adalah juga mencari jumlah minimal kendaraan truk untuk dapat melayani pelanggan atas permintaan produk pelumas kemasan drum maupun kemasan doos.

Berdasarkan pengolahan data yang dilakukan didapat kondisi optimal untuk jumlah kendaraan adalah sebanyak 4 kendaraan truk kapasitas maks. 50 drum (maks. 12 – 15 MT) dan 4 kendaraan truk kapasitas maksimum 600 doos (maks. 12 – 15 MT). sehingga total jumlah kendaraan truk yang dibutuhkan adalah 8 truk.

Penentuan jumlah kendaraan yang optimal sangat dipengaruhi oleh besarnya permintaan pelumas oleh masing-masing Agen Pelumas, karena kondisi tersebut akan mempengaruhi pengolahan data dalam menentukan rute dan penjadwalan pengiriman yang terbaik sekaligus berapa banyak armada truk yang harus disediakan.

**Tabel 4.6.** Rute Pengiriman Pelumas pada Iterasi Maksimum 5000

Hari Pelayanan	Kendaraan Angkut Drum				Kendaraan Angkut Doos			
	Truk I	Truk II	Truk III	Truk IV	Truk I	Truk II	Truk III	Truk IV
1	16-21-9-6	19-25-5-20	17-17	-	16-21-9	26-8-12	15-17	-
2	9-2-11	14-5-8	17-17	-	6-2-11-18	26-8-12	15-17	-
3	21-9-18	22-12-15-23	17-17	-	16-13-10	26-8-12	15-17	-
4	9-13-10	15-23-3	17-17	-	26-4-19-25	26-8-12	15-17	-
5	21-9-18	24-15-23	17-17	-	16-9-18	13-26-26	25-8-12	15-17
6	9-2-10	7-22-15-23	3-17	-	26-26-4-25	8-12-15	15	-
7	21-9-6	18-20-15	23-17	-	16-21-23	26-26-25	8-12-15	-
8	9-10-26	12-15-23	3-7-17	-	11-18	26-26-4-25	8-15	-
9	4-21-9	18-13	26-22-15-23	17	16-9-23	26-26-19-25	8-15	-
10	9-2-10	26-4-15	23-3-7	17	26-26-4-25	8-15-23	-	-
11	9-21-11	18-26-4	14-8-15-23	17	16-18-13	26-26-25	23	-
12	9-10-26	4-22-15	23-3-24	7-17	26-26-4-25	8-15-3	-	-
13	21-9-6	18-26-4	20-12-15-23	17	16-21-9-13	26-26-25-15	-	-
14	9-2-13	10-26-4	15-23-3	7-17	11-18-26-4	19-25-15-24	-	-
15	21-9-26	4-22-15	23-17	-	16-13-26	25-15-24-7	-	-
16	9-26-4	15-23-7-17	17	-	26-25-5	15-23-3-24	7	-
17	19-26-4-25	15-17-17	-	-	20-16-13-26	25-5-15	24-7	-
18	26-4-19-25	15-17-17	-	-	26-5-14-8	15-24-7-17	-	-
19	4-19-25	17-17	-	-	26-26-8	15-24-17	-	-
20	5-4-19	25-17-17	-	-	26-8-12	15-24-17	-	-

Keterangan :

- Nomor kode adalah menandakan identitas pelanggan yang dilayani berdasarkan hari pelayanan.
- Jika nomor berulang maka Agen Pelumas tersebut dilayani beberapa kali dalam 1 (satu) hari pelayanan.

### 4.3.3. Analisis Rute Distribusi

Rute distribusi yang berlaku saat ini tidak dapat ditentukan karena pelanggan dalam hal ini Agen Pelumas melakukan pengambilan produk pelumas dengan kendaraannya sendiri, dimana tipe dan kapasitas angkut kendaraan berbeda-beda dan penjadwalan pengambilan yang tidak terjadwal dengan baik. Dengan adanya sistem usulan ini diharapkan penentuan rute pengiriman serta penjadwalan pengiriman akan lebih optimal.

Dari hasil iterasi program kondisi paling optimal didapatkan pada iterasi ke 5.000 dengan jarak minimum sebesar 8.188 km. Berdasarkan ketetapan Direktur Pemasaran dan Niaga PT. PERTAMINA perihal ketetapan tarif angkut pelumas dimana biaya angkut yang dibayarkan adalah Rp. 600,- per MT per km. Maka didapat perhitungan biaya distribusi berdasarkan output pengolahan program adalah sebagai berikut :

- Kebutuhan pelumas rata-rata per bulan adalah 8.171 drum dan 89.671 doos. Apabila dikonversikan ke dalam MT, maka total volume yang diangkut adalah sebesar 3.116 MT.

- Total jarak pengiriman adalah 8.187,9 km dan tarif ongkos angkut pelumas adalah Rp. 600,- per MT per km.
- Sehingga total biaya pengiriman adalah :  
 = Rp. 600,- x 8.187,9 km x 3.116 MT  
 = Rp. 15.308.380.956,-  
 (lima belas milyar tiga ratus delapan juta tiga ratus delapan puluh ribu sembilan ratus lima puluh enam rupiah).

Kajian selanjutnya yang bisa dikembangkan adalah membandingkan kondisi sesungguhnya komponen biaya yang timbul dalam sistem distribusi untuk kemudian menjadi usulan baru perhitungan biaya distribusi berdasarkan hasil dari penentuan rute dan penjadwalan pada penulisan ini.

Tabel 4.6 menunjukkan secara lengkap rute pengiriman hasil dari aplikasi program menggunakan algoritma *tabu search* pada iterasi maksimum 5000, sedangkan tabel 4.7 di bawah ini memperlihatkan total jarak pengiriman pelumas ke pelanggan pada iterasi 5000.

**Tabel 4.7.** Total Jarak Pengiriman Hasil Pengolahan Data

Hari Pelayanan	Kendaraan Angkut Drum				Kendaraan Angkut Doos			
	Truk I	Truk II	Truk III	Truk IV	Truk I	Truk II	Truk III	Truk IV
1	99.8	63.9	20.4	0.0	93.6	107.0	23.6	0.0
2	139.8	99.7	20.4	0.0	145.0	107.0	23.6	0.0
3	115.8	68.2	20.4	0.0	133.0	107.0	23.6	0.0
4	130.8	63.8	20.4	0.0	67.2	107.0	23.6	0.0
5	115.8	50.4	20.4	0.0	120.2	79.8	116.2	23.6
6	99.8	72.4	34.8	0.0	63.2	110.8	13.4	0.0
7	84.2	83.8	36.0	0.0	123.0	38.0	110.8	0.0
8	79.8	58.0	57.8	0.0	134.6	63.2	92.0	0.0
9	85.4	116.2	59.0	10.2	125.2	51.6	92.0	0.0
10	99.8	48.2	73.4	10.2	63.2	117.8	0.0	0.0
11	139.2	90.4	113.6	10.2	149.6	38.0	92.0	0.0
12	79.8	48.8	61.6	33.2	63.2	116.6	0.0	0.0
13	84.2	90.4	59.6	10.2	132.9	51.4	25.8	0.0
14	121.4	73.8	63.8	33.2	126.0	57.0	0.0	0.0
15	69.8	48.8	36.0	0.0	103.6	66.4	0.0	0.0
16	66.0	60.5	10.2	0.0	54.8	50.8	23.0	0.0
17	67.2	33.8	0.0	0.0	88.8	58.6	34.2	0.0
18	67.2	33.8	0.0	0.0	86.4	45.9	0.0	0.0
19	57.6	20.4	0.0	0.0	98.4	34.8	0.0	0.0
20	65.2	39.2	0.0	0.0	107.0	34.8	0.0	0.0
<b>TOTAL SUB1</b>	<b>1,868.6</b>	<b>1,264.5</b>	<b>707.8</b>	<b>107.2</b>	<b>2,078.9</b>	<b>1,443.5</b>	<b>693.8</b>	<b>23.6</b>
<b>TOTAL SUB2</b>	<b>3,948.1</b>				<b>4,239.8</b>			
<b>TOTAL (km)</b>	<b>8,188</b>							

#### 4.3.4. Analisis Metode Algoritma

Hasil penerapan metode *tabu search* dalam penyelesaian masalah VRP bergantung pada pemilihan *tabu tenure* atau seberapa panjang iterasi untuk suatu *move* beratribut tabu atau tidak boleh digunakan. *Tabu tenure* juga menunjukkan berapa panjang *tabu list*. Dalam penelitian ini digunakan *skema fixed tabu tenure* karena sederhana dan memudahkan dalam pengolahan data. *Skema fixed tabu tenure* berarti bahwa tingkat lama atribut tabu yang tetap sepanjang algoritma *tabu search* digunakan. Mengenai waktu proses pengolahan data, hal ini tergantung pada jumlah iterasi dan panjang *tabu list (tabu tenure)* yang digunakan. Dalam hal ini juga perlu dilakukan eksperimentasi mencari waktu proses sesingkat mungkin dengan hasil seoptimal mungkin dengan cara mengkombinasikan jumlah iterasi dan *tabu tenure* yang sesuai. Waktu yang dibutuhkan untuk mengolah data pada penelitian ini dengan menggunakan algoritma *tabu search* dan perangkat lunak MATLAB versi 7.9.0. Waktu proses ini masih dapat dipersingkat dengan cara memperbaiki bahasa pemrograman yang digunakan. Dalam proses pengolahan data mungkin juga terjadi perbedaan hasil untuk setiap proses *run* program walaupun rute input, jumlah iterasi dan *tabu tenure* sama. Hal ini disebabkan karena penggunaan prosedur acak atau random untuk menentukan atribut *move* atau tujuan konsumen yang akan ditukar pada setiap kali iterasi.

Sistem distribusi dengan tujuan menentukan rute distribusi dan penjadwalan yang efektif dan efisien hasil penulisan ini dapat lebih dikembangkan lagi dengan cara membandingkan hasil penelitian menggunakan metode algoritma lainnya dengan harapan akan mendapatkan hasil yang lebih baik sehingga tujuan optimasi biaya distribusi dapat tercapai.

## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Penelitian ini menghasilkan suatu usulan sistem distribusi berupa penentuan rute pengiriman, penjadwalan pengiriman pelumas dan jumlah minimal kendaraan yang berbeda dengan dengan sistem distribusi pelumas yang saat ini diterapkan oleh perusahaan. Berdasarkan jadwal dan rute pengiriman yang diperoleh melalui pengolahan data dengan menggunakan algoritma *tabu search*, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

- Diperoleh model sistem distribusi pelumas yang fleksibel dan sesuai dengan pola permintaan konsumen PT. PERTAMINA yang fluktuatif, sehingga pengolahan data dapat dilakukan dalam berbagai keadaan dan situasi yang dihadapi dengan waktu yang lebih singkat.
- Hasil pengolahan program menggunakan perangkat lunak MATLAB versi 7.9.0 didapat hasil jarak minimum pengiriman pelumas untuk produk kemasan drum dan doos yaitu sebesar 8.188 km, dengan biaya distribusi yang dikeluarkan Rp. 15.308.380.956,- (lima belas milyar tiga ratus delapan juta tiga ratus delapan puluh ribu Sembilan ratus lima puluh enam rupiah). Adapun jumlah kendaraan truk yang dibutuhkan adalah total 8 truk dengan kapasitas maks. 12-15 MT.

Adapun saran-saran perbaikan dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut :

- Mengembangkan penelitian lebih lanjut dengan menggunakan metode algoritma yang lain untuk mengetahui perbandingan terhadap hasilnya yaitu berupa sistem distribusi yang efektif dan efisien meliputi penentuan rute distribusi, sistem penjadwalan, penentuan jumlah minimal kendaraan sehingga menghasilkan biaya dan jarak distribusi yang minimum.
- Dimungkinkan untuk menggunakan metode atau bahasa pemrograman yang lebih baik dan lebih maju sehingga waktu untuk perhitungan lebih singkat.

## DAFTAR REFERENSI

- Ho, Sin C., & Haugland, Dag. (2002). *A Tabu Search for the Vehicle Routing Problem with Time Windows and Split Deliveries*. Department of Informatics University of Bergen, Norway.
- Lau, Hoong Chuin., Sim, Melvyn dan Teo, Kwong Meng. (2003). *Vehicle Routing Problem with Time Windows and A Limited Number of Vehicles*. European Journal of Operational Research.
- Nunkaew, W., & Phruksaphanrat, B. (2009, March). *A Multiobjective Programming for Transportation Problem with the Consideration of both Depot to Customer and Customer to Customer Relationships*. Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists 2009 Vol. II. Hong Kong.
- Braysy, Olli., (2002), *Tabu Search Heuristics for the Vehicle Routing Problem with Time Windows*. Department of Optimization, SINTEF Applied Mathematics.
- Kallehauge, B., Larsen, J., Madsen, O.B.G., Solomon, M.M., *Vehicle Routing Problem with Time Windows*.
- Montana, F. T., Galvao, R. D., (2004), *A Tabu Search Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pick-up and Delivery Service*. Elsevier.
- Asteria, C., Rachman, A. Dianawati, F., Penentuan Rute Distribusi dengan Algoritma Tabu Search untuk VRP dengan Time Windows (Studi Kasus di PT.X), Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Suyanto. (2010). *Algoritma Optimasi : Deterministik atau Probabilistik ?*. Graha Ilmu.
- Taha, Hamdy. A. (2007). *Operations Research : An Introduction, 8th edition*. Pearson International Edition.

Shapiro, J. F. (2007). *Modeling The Supply Chain, 2nd edition*. Thomson Brooks/Cole.

