



TESIS PM - 147501

Optimasi Rute Distribusi *Gas Transport Module* (GTM) Menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP)

ILHAM NURYADIN WARDHANA
NRP.9116201345

DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE

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

**OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI GAS TRANSPORT MODULE
(GTM) MENGGUNAKAN VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP)**

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

ILHAM NURYADIN WARDHANA
NRP. 09211650013045

Tanggal Ujian : 18 Juli 2018

Periode Wisuda : September 2018

Disetujui oleh:



1. **Prof. Dr. Ir. Saparno, MSIE**
NIP. 194807101976031002

(Pembimbing)



2. **Dr. Ir. Mokh. Suf, M.Sc (Eng)**
NIP. 196506301990031002

(Penguji)



3. **Dr. Vita Ratnasari, S.Si, M.Si**
NIP. 197009101997022001

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi




Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulvono, M.Eng.Sc
NIP. 19590331181987011001

KATA PENGANTAR

Segala puji syukur kehadirat Allah Subhanahu wa ta'ala Yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang, yang selalu memberikan petunjuk, rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua. Tak lupa kita ucapkan sholawat serta salam kepada Nabi Muhammad shallallahu 'alaihi wa sallam. Akhirnya thesis dengan judul “ Optimasi Rute Distribusi *Gas Transport Module* (GTM) Menggunakan *Vehicle Routing Problem* (VRP)” ini dapat diselesaikan. Penulisan ini sebagai salah satu persyaratan dalam memperoleh gelar Master Manajemen Teknik di MMT-ITS.

Banyak pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan proposal thesis ini. Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Orangtua dan keluarga tercinta yang selalu memberikan dukungan moral dan material yang tidak ada hentinya selama menjalani studi di MMT-ITS.
2. Bapak Dr. Ir. Mokh. Suf, M.Sc(Eng) sebagai kepala MMT-ITS.
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE selaku dosen pembimbing thesis yang telah banyak memberikan ide, arahan dan bimbingan dalam pengerjaan thesis ini hingga selesai.
4. Kepada bapak/ ibu dosen yang telah banyak memberikan ilmu dan pengalamannya selama menjalani perkuliahan di MMT-ITS
5. Kepada bapak/ ibu staff MMT-ITS yang banyak memberikan bantuan dan arahnya selama menjalani perkuliahan di jurusan
6. Kepada teman-teman angkatan yang banyak membantu selama berjuang bersama di MMT-ITS.
7. Dan kepada semua pihak yang terlibat dalam membantu penulis dalam pengerjaan proposal thesis ini hingga selesai yang tidak bisa penulis sebutkan satu persatu.

Akhir kata semoga Allah Subhanahu wa ta'ala melimpahkan berkah dan rahmat-Nya kepada kita semua.

Surabaya, Juli 2018

Halaman ini sengaja dikosongkan

OPTIMASI RUTE DISTRIBUSI *GAS TRANSPORT MODULE (GTM)* MENGUNAKAN *VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP)*

Nama : Ilham Nuryadin Wardhana
NRP : 9116201345
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi rute distribusi GTM dan untuk mengetahui penghematan dari hasil kinerja unit distribusi. Model optimasi merupakan salah satu model analisis sistem yang diidentikkan dengan operation research. Model transportasi berkaitan dengan penentuan rencana biaya terendah untuk mengirimkan suatu barang dari sumber (SPBG) ke sejumlah tujuan (wholesaler). Untuk mencapai hal itu, peneliti pertama – tama menerapkan metode heuristic untuk memecahkan masalah, kemudian diikuti dengan penerapan pendekatan clarke and wright saving method. Metode heuristik adalah teknik yang dirancang untuk memecahkan masalah yang mengabaikan apakah solusi dapat dibuktikan benar, tapi yang biasanya menghasilkan solusi yang baik atau memecahkan masalah yang lebih sederhana yang mengandung atau memotong dengan pemecahan masalah yang lebih kompleks. Sedangkan algoritma savings adalah sebuah algoritma heuristik, dasar dari konsep ini untuk mendapatkan penghematan biaya dengan menggabungkan dua rute menjadi satu rute. Hasil dari pengolahan data Penghematan pada operasional distribusi adalah tidak adanya pengaturan pada rute kendaraan serta pemilihan jenis kendaraan , penghematan pada rute kendaraan mampu memberikan penghematan operasional hingga 50% serta perbedaan metode dari pengolahan data dapat memberikan penghematan dalam penggunaan BBM Sebesar 3%. Salah satu dari kurangnya kemampuan mengatur operasional adalah keterbatasan kemampuan dalam mengolah data, pengambilan keputusan cepat dalam menentukan pilihan distribusi GTM, dan kemampuan sumber daya manusia pada unit distribusi GTM. Kemungkinan mendapatkan hasil yang optimal masih sangat memungkinkan yaitu dengan cara memperbaiki sistem operasional serta menambah teknik pengolahan data agar banyak batasan.

Kata Kunci : Optimasi, vehicle routing problem, transportasi

Halaman ini sengaja dikosongkan

OPTIMIZATION OF GAS TRANSPORT MODULE DISTRIBUTION ROUTE (GTM) USING VEHICLE ROUTING PROBLEM (VRP)

Name : Ilham Nuryadin Wardhana
NRP : 9116201345
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE

ABSTRACT

The study aims to identify the GTM distribution routes and to determine the savings from the distribution unit performance results. Optimization model is one model of system analysis identified with operation research. The transport model deals with the determination of the lowest cost plan to deliver one item from a number of sources (Gas Station) to a number of destinations (wholesaler). To achieve this, the researcher first applied the heuristic method to solve the problem, followed by the application of the clarke and wright saving method approach. The heuristic method is a technique designed to solve a problem that ignores whether a solution can be proved true, but that usually results in a good solution or solves a simpler problem that contains or intercepts with more complex problem solving. While the savings algorithm is a heuristic algorithm, the basis of this concept is to obtain cost savings by combining two routes into one route. The results of data processing Savings in distribution operations is the absence of arrangements on vehicle routes and vehicle selection, savings on vehicle routes can provide operational savings of up to 50% and different methods of data processing can provide savings in fuel usage of 3%. One of the lack of operational governance capabilities is the limited ability to process data, quick decision making in determining the choice of GTM distribution, and human resource capability in the GTM distribution unit. The possibility of getting optimal results is still very possible that is by improving the operational system and add data processing techniques for many limitations.

Keyword: Optimization, vehicle routing problem, transportation

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	ix
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Batasan Masalah	6
1.6 Manfaat Penelitian	6
1.7 Sistematika Penelitian	7
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	9
2.1 Logistik.....	9
2.2 Transportasi	11
2.3 Vehicle Routing Problem (VRP)	15
2.4 Metode Pemecahan Masalah VRP	18
2.5 Algoritma Penghematan (Savings Algorithm)	22
2.6 Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	26
3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	28
3.2 Penetapan Tujuan dan Batasan Penelitian	28
3.3 Pengumpulan Data	28
3.4 Pengolahan Data	28
3.5 Analisa dan Pembahasan	29
3.6 Kesimpulan dan Saran	29
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA	30
4.1 Pengumpulan data.....	31
4.1.1 Peta Jawa Timur	31
4.1.2 Data Letak Konsumen	32
4.2 Pengolahan Data	35
BAB V ANALISA DAN PEMBAHASAN	40
5.1 Biaya Penggunaan Bahan Bakar.....	41
5.2 Pemilihan Armada / Fleet.....	43
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN	47
6.1 Kesimpulan	47
6.2 Saran Penelitian	47

Daftar Pustaka	48
-----------------------------	-----------

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perkembangan Konsumsi Gas per Sektor 2015– 2050.....	2
Gambar 1.2 Alur Pengangkutan Gas.....	4
Gambar 2.1 Bentuk Solusi Vehicle Routing Problem Dasar.....	16
Gambar 2.2 Pengurangan Jarak Tempuh.....	20
Gambar 2.3 Ilustrasi Konsep Penghematan.....	23
Gambar 3.1 Flowchart Penelitian.....	27
Gambar 3.2 Model Penyelesaian VRP.....	29
Gambar 4.1 Peta Jawa Timur.....	30
Gambar 4.2 Konsolidasi Rute.....	31
Gambar 4.3 Input Data Solver.....	36
Gambar 4.4 Hasil Penentuan Rute.....	37
Gambar 5.1 Hasil Pemilihan Rute Pengolahan Data.....	40
Gambar 5.1 Hasil Pemilihan Rute Solver.....	41

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Permintaan Gas Sektor Industri.....	1
Tabel 2.1 Perbandingan Peneliti Terdahulu.....	25
Tabel 3.1 Jadwal Rencana Penelitian.....	30
Tabel 4.1 Kordinat Lokasi.....	31
Tabel 4.2 Jarak Antar Tempat Distribusi.....	32
Tabel 4.3 Permintaan Gas.....	32
Tabel 4.4 Rute Pertama.....	34
Tabel 4.5 Rute Kedua.....	34
Tabel 4.6 Rute Ketiga.....	35
Tabel 5.1 Rute Hasil Saving Matrix.....	40
Tabel 5.1 Rute Hasil Solver.....	41

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Minyak dan Gas merupakan hasil bumi yang digunakan sebagai bahan bakar, hasil dari minyak bumi dapat dikelola dalam berbagai cara sehingga mampu menghasilkan bermacam – macam jenis dan kegunaan yang bermacam – macam, Kegiatan dalam rangka mendapatkan Minyak dan Gas dapat di klasifikasikan menjadi dua, yaitu Hulu (*Upstream*) yang mana kegiatan yang terjadi dalam sebuah perencanaan mendapatkan sumber Minyak dan Gas melalui Eksplorasi, Pengeboran, Pengembangan daerah serta mencari cadangan. Hilir (*Downstream*) dapat di definisikan dengan beberapa kegiatan yaitu proses Distribusi, Penjualan, Pemurnian dan Pengolahan Lainnya.

Tren dari penggunaan Gas di masyarakat semakin meningkat dari tahun ke tahun yang mana diikuti meningkatnya penggunaan di sektor lain seperti di industri keramik, Logam dan Kertas sebagaimana menduduki posisi tingkat atas industri manufaktur, Namun Bukan hanya pada industri manufaktur saja tetapi industri pupuk dan petrokimia sangat ikut andil dalam pemakaian gas industri dengan skala besar.

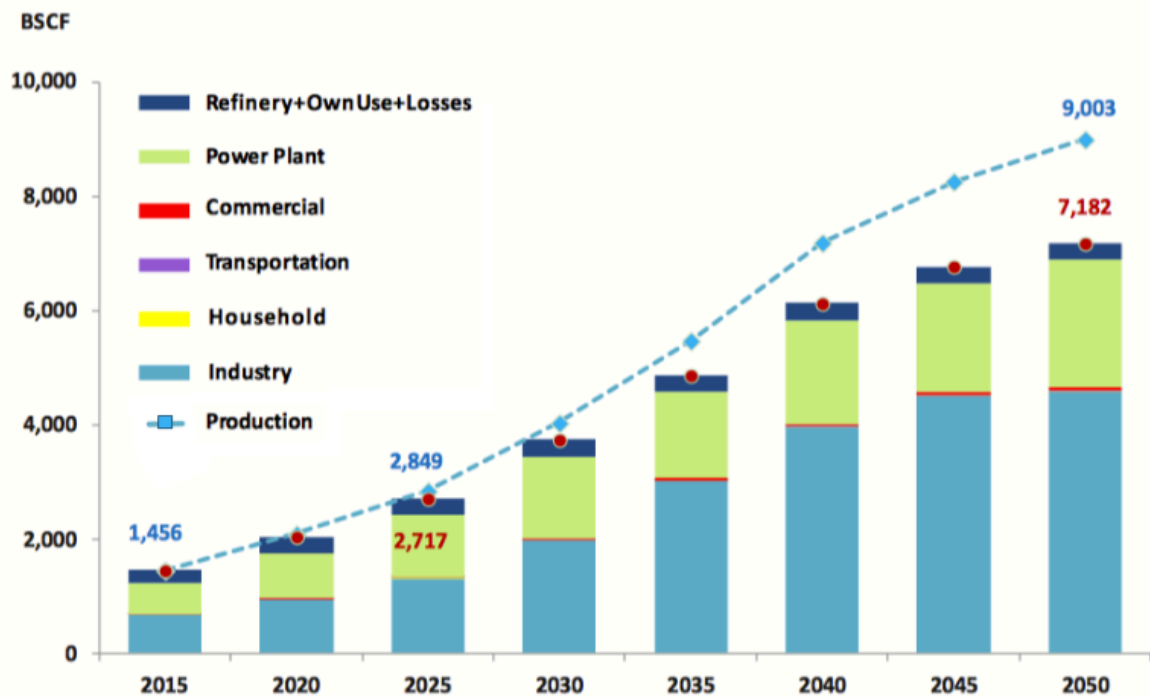
Tabel 1. Permintaan Gas Sektor Industri

Jenis Industri	Kebutuhan Gas (MSCFD)
Industri Manufaktur	1,520.74
Keramik	130.65
Glassware	18.90
Glove	2.68
Kaca Lembaran	60.31
Logam	964.82
Tekstil	20.38
Semen	5.05
Makanan dan Minuman	26.08
Kertas	245.70
Karbit	26.27
CPO	15.38
Pakan Ternak	2.27
MSG	1.21
Coklat	0.51

Tabel 1. Permintaan Gas Sektor Industri

Sorbitol	0.11
Zink Okside	0.11
Gas	0.31
Industri Pupuk Petrokimia	1,246.58
Pupuk	807.20
Amoniak	120.50
Petrokimia	318.88

Dapat dilihat pada tahun – tahun sebelumnya juga Tren pemakaian Gas mengalami kenaikan bukan hanya di sektor industri saja tetapi pemakaian di perumahan serta di sektor lain seperti pembangkit Listrik



Gambar 1.1 Estimasi Pemanfaatan Gas per Sektor Tahun 2015 - 2050

Hal tersebut mengalami peningkatan hingga saat ini, seiring dengan scktor industri makanan yang terus bertambah maka pemakaian pada industri tersebut juga lebih meningkat dari tahun – tahun sebelumnya dan juga perlu di tunjang dengan pengoperasian lapangan yang bagus agar dapat merespon pasar lebih bagus.

Dalam proses melayani permintaan khususnya dalam negeri selain membangun infrastruktur gas, menumbuhkan pasar dan memadukan harga dengan kebijakan terpadu, namun sampai saat belum semua dapat terpenuhi di karenakan jangkauan infrastruktur yang dibuat oleh

pemerintah. Di sisi lain , industri saat ini diharapkan menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan dan tentunya ekonomis , sehingga dapat membantu meningkatkan daya saing industri.

Tujuan dari semua aktivitas industri salah satu adalah menekan biaya operasional seminimal guna mendapatkan keuntungan yang maksimal untuk meningkatkan daya saing. Dengan semakin ketatnya persaingan usaha mendorong setiap sektor industri baik industri kecil, menengah maupun atas. Khususnya dalam industri kecil dan menengah, dikarenakan industri ini harus mampu bertahan dari tekanan industri- industri besar dan sekaligus harus dapat bersaing dengan industri kecil dan menengah sejenisnya.

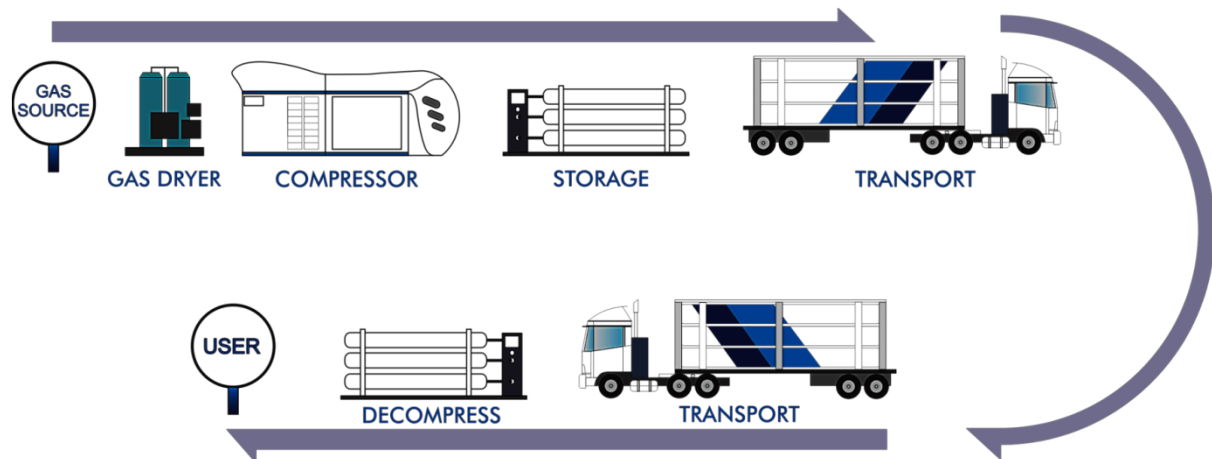
Pada pendistribusian merupakan salah satu masalah dan isu yang sering banyak di jumpai di industri khususnya dalam model bisnis yang bergerak di bidang logistik yang mana harus sangat memperhitungkan jalur distribusi sehingga mampu mengontrol biaya operasional pada proses distribusi usaha tersebut.

Sistem distribusi dalam serangkaian kegiatan perusahaan dimana mengirim hasil produksi (produk) dikirimkan kepada konsumen untuk dipasarkan bertujuan memudahkan pemasaran produk. Sistem distribusi produk merupakan salah satu komponen utama pemasaran produk. Tidak adanya kontrol terhadap pendistribusian barang dapat menyebabkan kerugian bagi perusahaan. Distribusi akan melibatkan pergerakan dan penyimpanan produk dari pabrik ke konsumen dengan penambahan nilai dari produk

PT. XXX merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang, perusahaan ini memiliki aktivitas usaha yaitu menjual dan mendistribusikan CNG (Compressed Natural Gas). Saluran distribusi mempunyai pengaruh yang cukup besar terhadap penjualan pada perusahaan. Permasalahan dalam proses distribusi terutama penentuan rute untuk menghasilkan jarak tempuh dan biaya yang optimal.

Saat ini kondisi di lapangan terkait penentuan distribusi gas di perusahaan ini dilakukan oleh seorang *Planner* , yang mana para operator di setiap pabrik menginformasikan kepada *Planner* terkait kebutuhan BBG selanjutnya, Namun di butuhkan waktu yang singkat untuk mengatur armada.

Penentuan rute dalam proses distribusi berpengaruh pada ketepatan waktu dan efisiensi, selain itu ada parameter yang harus terpenuhi yaitu kapasitas angkut dan banyaknya armada, sehingga apabila permintaan tidak terpenuhi maka akan berpengaruh pada kualitas pelayanan serta adanya penalti terhadap pelanggan.



Gambar 1.3 Alur Pengangkutan Gas

Saving Heuristic adalah prosedur pengulangan yang pada awalnya menghasilkan rute yang jelas dimana masing-masing melayani satu pelanggan. Pada model *VRP* akan dilakukan clustering bagi pelanggan yang ada di akan dilihat oleh sejumlah kendaraan yang dilakukan secara serentak. Dalam *VRP*, terdapat heuristic yang biasanya digunakan untuk memecahkan permasalahan pendistribusian. Salah satunya adalah Saving Heuristics sehingga dapat dilakukan penghematan dari rute pendistribusian yang ada.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dirumuskan dalam penelitian ini adalah menentukan titik - titik kordinat pengiriman CNG dengan rute awal di mulai dari SPBG yang berada di sidoarjo lalu di kirimke sejumlah konsumen di Jawa Timur, berikutnya dari data permintaan dari konsumen dengan kapasitas angkut 5 feet dan 10 feet dengan jumlah 10 armada akan di tentukan rute-rute distirbusi *Gas Transport Module*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam melakukan penelitian ini adalah:

1. Menentukan lokasi konsumen Gas
2. Mendapatkan Rute Optimal pendistribusian GTM
3. Mengetahui Penghematan dari hasil kinerja unit distribusi

1.4 Batasan Masalah

Mengingat adanya keterbatasan dalam penelitian ini dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan pada perusahaan Transportasi Gas pada unit pendistribusian.
2. Keluaran yang dihasilkan berupa urutan rute dan urutan distribusi
3. Inisiasi perjalanan dimulai dari SPBG yang melayani pasar di area Jawa Timur
4. Menggunakan Kapasitas Truk Bermuatan 10 ft

1.5 Asumsi

Untuk lebih menyederhanakan dan mengurangi kompleksitas masalah, maka diambil asumsi-asumsi penelitian. Asumsi yang diambil dalam penelitian ini adalah:

1. Keadaan jalan dan kondisi kendaraan baik.
2. Persediaan barang yang selalu ada.
3. Permintaan setiap daerah tetap.

1.6 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari penelitian ini adalah:

- Bagi perusahaan

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan masukan atau informasi bagi perusahaan mengenai rute kendaraan optimum dan distribusi yang terbaik selain itu, perusahaan dapat memenuhi permintaan tepat waktu sehingga mengurangi resiko penalti.

- Bagi penulis

Mengimplementasikan Kemampuan Mengelolah dan Analisa permasalahan pada Armada khususnya dalam bidang distribusi Gas agar mendapatkan rute optimum untuk menyelesaikan permasalahan yang ada.

1.7 Sistematika Penelitian

Langkah-langkah penulisan yang terdapat dalam laporan studi lapangan ini adalah sebagai berikut:

BAB I : PENDAHULUAN

Bab ini berisi mengenai latar belakang masalah, yang menjadi acuan penelitian dan landasan penelitian. Terdapat tujuan penelitian, yang merupakan fokus orientasi penelitian, pencapaian yang diharapkan dari keseluruhan proses penelitian. Terdapat pembatasan masalah, agar penelitian yang dilakukan tidak menyimpang dari tujuan yang diharapkan. Serta yang terakhir dalam bab ini adalah sistematika penulisan, yang berisi uraian singkat proses penulisan laporan penelitian ini.

BAB II : TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai teori-teori yang berhubungan dengan pembahasan penelitian yang menjadi landasan berpikir serta dasar penyusunan penelitian. Teori-teori tersebut diperoleh dari buku-buku referensi serta sumber informasi lain yang terkait dengan pembahasan penelitian.

BAB III : METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini menjabarkan langkah-langkah yang dilakukan penulis dalam melakukan penelitian dan penulisan laporan penelitian. Agar hasil yang dicapai tepat, maka diperlukan langkah-langkah penelitian yang terstruktur dan terarah, sehingga hasil yang diperoleh tidak menyimpang dari tujuan awal penelitian.

BAB IV :PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisikan kumpulan informasi-informasi yang dibutuhkan dalam melakukan pengolahan data untuk mendapatkan hasil sesuai tujuan penelitian. Pengolahan data yang telah dikumpulkan sebelumnya dilakukan dengan beberapa metode pengolahan hingga tercapai hasil yang diharapkan sesuai tujuan penelitian.

BAB V : PEMBAHASAN DAN ANALISIS

Bab ini berisi analisis dari hasil pengamatan, pengumpulan, serta pengolahan data hingga hasil yang dicapai selama penelitian dan pembuatan laporan penelitian ini.

BAB VI :KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi mengenai kesimpulan dari pokok-pokok bahasan yang disertai dengan saran-saran bagi pihak terkait sebagai objek penelitian untuk memperbaiki kekurangan yang ada dan untuk pengembangan di masa yang akan datang.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Dalam bab ini menjelaskan tentang tinjauan pustaka yang saling berhubungan antara teori-teori yang digunakan untuk dijadikan sebagai referensi dalam penelitian tesis ini.

2.1 Logistik

Logistik merupakan seni dan ilmu mengatur dan mengontrol arus barang, energi, informasi dan sumber daya lainnya, seperti produk, jasa, dan manusia, dari sumber produksi ke pasar dengan tujuan mengoptimalkan penggunaan modal. Logistik juga mencakup integrasi informasi, transportasi, inventori, pergudangan, *reverse logistic* dan Pengiriman.

Dengan kata lain dapat pula diungkapkan bahwa kegiatan logistik akan berjalan efektif dan efisien apabila memenuhi empat syarat yaitu: tepat jumlah, tepat mutu, tepat ongkos, maupun tepat waktu. Tujuan logistik adalah menyediakan produk dalam jumlah yang tepat, kualitas yang tepat, pada waktu yang tepat dengan biaya yang rendah. Ciri utama kegiatan logistik adalah tercapainya sistem yang integral dari berbagai dimensi dan tujuan kegiatan terhadap pemindahan (*movement*) serta penyimpanan (*storage*) secara strategis di dalam pengelolaan perusahaan .

Logistik dapat pula didefinisikan sebagai proses perencanaan, implementasi, dan pengendalian secara efisien, aliran biaya yang efektif dan penyimpanan barang mentah, inventori barang dalam proses, barang jadi dan informasi terkait dari titik asal ke titik konsumsi untuk tujuan memenuhi kebutuhan konsumen. Ada lima komponen yang bergabung untuk membentuk sistem logistik, yaitu: struktur lokasi fasilitas, transportasi, persediaan (*inventory*), komunikasi, dan penanganan (*handling*) dan penyimpanan (*storage*) (Bowersox, 2000).

Menurut Bowersox (2000) ada lima komponen logistik, yaitu: struktur lokasi fasilitas, transportasi, persediaan, komunikasi, dan penanganan.

1. Struktur Lokasi Fasilitas

Peranan pemilihan jaringan fasilitas yang sebaik mungkin itu tidaklah berlebih-lebihan, walaupun pemindahan semua fasilitas pada satu waktu tidaklah masuk akal untuk suatu perusahaan, namun tetap terdapat ruang-gerak yang luas bagi perusahaan dalam memilih lokasi

yang unggul dapat memberikan banyak keuntungan yang kompetitif. Tingkat efisiensi logistik yang dapat dicapai itu berhubungan langsung dengan dan dibatasi oleh jaringan fasilitas.

2. Transportasi

Dalam suatu jaringan fasilitas, transportasi merupakan suatu mata rantai penghubung. Pada umumnya perusahaan mempunyai tiga alternatif untuk menetapkan kemampuan transportasinya, antara lain:

- a. Armada peralatan swasta dapat dibeli atau disewa.
- b. Kontrak khusus dapat diatur dengan spesialis transport berijin yang menawarkan pengangkutan dari suatu tempat ke tempat lain.
- c. Bentuk transport ini dikenal sebagai *private* (swasta), *contract* (kontrak), dan *common carriage* (angkutan umum).

3. Persediaan

Kebutuhan akan transportasi dengan berbagai fasilitas itu didasarkan atas persediaan yang suatu perusahaan. Banyak perusahaan mendapatkan bahwa sebaiknya mengadakan persediaan produk yang lambat perputarannya atau rendah labanya pada sebuah gudang distribusi sentral dan menggunakan metode transport yang cepat apabila produk-produk ini dipesan oleh konsumen. Pemilihan penyediaan jenis produk pada suatu fasilitas tertentu akan berpengaruh langsung terhadap biaya transportasi. Pada umumnya biaya transportasi itu didasarkan atas besarnya pengiriman. Kebijaksanaan yang baik itu adalah mengadakan lebih banyak persediaan barang pada suatu fasilitas tertentu untuk memungkinkan pengiriman volume lebih besar. Penghematan dalam biaya transportasi bisa lebih besar daripada kenaikan biaya pengadaan persediaannya di karenakan adanya kelangkaan barang.

4. Komunikasi

Dalam komunikasi yang seringkali diabaikan dalam logistik. Hal ini disebabkan karena kurangnya peralatan pengolah data dan peralatan penyampaian data yang dapat menangani arus informasi yang diperlukan. Makin efisien logistik suatu perusahaan, maka semakin peka

ia terhadap gangguan-gangguan dalam arus informasi.

Penangan dan penyimpanan Keempat komponen dasar dari logistik (lokasi fasilitas, kemampuan transportasi, persediaan, komunikasi) itu dapat terpengaruh oleh berbagai alternatif pengaturan yang masing-masingnya mempunyai efektivitas potensial tertentu dan keterbatasan dalam efisiensi yang dapat dicapai. Penanganan dan penyimpanan juga merupakan bagian yang integral dengan logistik. Penanganan dan penyimpanan menyangkut arus persediaan melalui dan di antara fasilitas-fasilitas dengan arus tersebut yang hanya bergerak untuk menanggapi kebutuhan akan suatu produk atau material. Penanganan dan penyimpanan ini dapat mengurangi masalah yang berkaitan dengan kecepatan dan kemudahan pengangkutan barang atau kegiatan transportasi

2.2 Transportasi

Transportasi memberikan manfaat geografis pada logistik dengan menghubungkan fasilitas-fasilitas dengan pasar dengan berbagai moda transportasi. Pada banyak perusahaan, pengeluaran untuk transport lebih besar dari pengeluaran untuk unsur lainnya. Biaya transport industri yang menghasilkan produk bernilai tinggi adalah rendah persentasenya terhadap penjualan. Sebaliknya, biaya transport batu bara, bijih besi, bahan-bahan kimia dasar dan pupuk adalah relatif tinggi. Kebutuhan pelayanan industri sangat berbeda-beda dari industri ke industri.

Banyak pilihan moda transportasi tersedia bagi pengangkutan produk atau bahan mentah dalam sistem logistik. Disamping itu perusahaan dapat memutuskan untuk mengusahakan transportasi sendiri, atau mengadakan perjanjian dengan spesialis transport. Ada lima cara utama transportasi yang biasa disebut dengan moda transportasi. Lima cara utama tersebut adalah kereta api, jalan raya, jalan air, saluran pipa dan penerbangan. Masing-masing alat transportasi ini mempunyai kebaikan dan kelemahan terhadap kegiatan logistik di perusahaan.

Kereta api telah mencatat sejarah bahwa alat transportasi yang satu ini mampu menyelenggarakan pengangkutan dengan jumlah yang besar secara efisien untuk jarak-jarak yang jauh sebagai hasil dari pembuatan jaringan rel yang lengkap sejak dahulu yang menghubungkan sebagian kota di Indonesia. Alat transportasi ini mempunyai kemampuan untuk mengangkut barang bertonase yang sangat besar, karena spesifikasi kereta api tersebut. Akan tetapi alat transportasi ini memerlukan biaya tetap yang cukup tinggi dan biaya peralatan rutin yang cukup tinggi pula, serta pengeluaran biaya lain untuk hak pemakaian jalan, peralatan

langsir dan penggunaan stasiun.

Jalan raya sebagai alat transportasi bisa dikatakan lebih maju di bandingkan dengan alat transportasi yang lainnya, karena alat transportasi dengan jalan raya selalu bisa dilalui oleh kendaraan bermotor. Disisi lain kendaraan bermotor memiliki fleksibilitas yang cukup tinggi karena dapat dioperasikan di atas semua jenis jalan raya.

Dibandingkan dengan alat transportasi kereta api, kendaraan bermotor relatif kecil investasinya dalam fasilitas pemilikan hak jalan dan pembuatan stasiun, terminal, dan sebagainya. Sifat lalu lintas kendaraan bermotor sangat tergantung pada pabrik dan perdagangan. Secara khusus kendaraan bermotor telah merebut lalu lintas rel yang berkenaan dengan barang dagangan menengah dan ringan, serta hampir seluruh pengangkutan dari grosir, gudang, toko dan lainnya. Alat transportasi melalui jalan air merupakan bentuk transportasi yang tertua dengan menggunakan perahu layar, kapal uap dan dalam perkembangannya menggunakan tenaga diesel. Secara garis besar pengangkutan melalui jalan air di bedakan menjadi dua yaitu pengangkutan laut dan pengangkutan melalui air di daratan. Keuntungan utama alat transportasi melalui jalan air adalah kemampuannya untuk membawa barang dalam jumlah sangat besar. Perahu diesel mempunyai fleksibilitas yang cukup tinggi pula dibandingkan dengan alat transport lainnya.

Kelemahan utama alat transportasi ini adalah fleksibilitasnya terbatas dan kecepatannya yang rendah. Selain itu bila asal dan tujuan dari pengangkutan itu tidak berdekatan dengan jalan air, maka akan dibuthkan pengangkutan tambahan dengan kendaraan bermotor.

Penyaluran melalui pipa biasanya digunakan untuk pengiriman minyak bumi. Keuntungan dari penggunaan ini biaya tetapnya paling tinggi dan biaya pada variabelnya paling rendah. Biaya tetap paling tinggi karena dipengaruhi pemakaian hak jalan untuk saluran pipa, kebutuhan akan stasiun pengawas dan kapasitas pemompaan. Saluran pipa tidak padat karya sehingga biaya variabelnya operasinya sangat rendah.

Sifat dasar alat transportasi ini agak berbeda jika dibandingkan dengan alat transportasi lain, karena saluran pipa ini dapat beroperasi 24 jam sehari atau 7 hari seminggu dan hanya dibatasi oleh keperluan untuk mengubah komoditi, kelemahan yang menonjol adalah barang yang dibawa sangatlah terbatas karena sangat tergantung diameter pipa dan derasnya arus yang dibawa.

Sedangkan alat transportasi yang terbaru adalah pengangkutan lewat udara, daya tarik pengangkutan udara ini adalah kecepatannya. Transportasi udara masih lebih banyak merupakan potensi daripada realitas. Walaupun jarak yang bisa ditempuh tidak terbatas akan tetapi pengangkutan udara ini terbatas kemampuannya mengangkut, tersedianya pesawat udara, kondisi kota yang didarati oleh pesawat udara.

Prospek peningkatan pemakaian pengangkutan udara dalam logistik tetap cukup baik. Walaupun pengangkutan udara ini membutuhkan pengangkutan darat sebelum dan sesudahnya, akan tetapi kecepatan pelayanan di antara dua tempat yang cukup jauh dapat menurunkan biaya logistik keseluruhannya dengan margin yang cukup besar untuk mengimbangi biaya pengangkutan udara yang cukup tinggi. Pengangkutan udara banyak digunakan untuk barang yang mempunyai spesifikasi tertentu seperti harga cukup mahal, waktu harus segera sampai pada yang bersangkutan, dan sebagainya.

Logistik memandang kegiatan transportasi dengan empat faktor yang memegang peran yang cukup penting, yaitu:

a. Biaya

Biaya transportasi merupakan pembayaran yang sesungguhnya harus dikeluarkan guna mengganti balas jasa pengangkutan barang yang telah dikeluarkan, jadi tidak berarti metode transportasi yang paling murah itu yang pasti dikehendaki.

b. Kecepatan

Faktor kecepatan merupakan waktu yang dibutuhkan guna menyelesaikan suatu tugas pengangkutan di antara tempat asal barang ke tempat tujuan yang dikehendaki. Faktor kecepatan harus selalu dikaitkan dengan kondisi barang yang dipindahkan agar jangan sampai terjadi kerusakan walau mungkin dari segi waktu lebih cepat dari penggunaan transportasi lainnya. Bisa dikatakan waktu yang paling cepat dalam kegiatan transportasi suatu barang belum menjamin tercapainya kegiatan logistik yang baik.

c. Pelayanan

Faktor pelayanan merupakan suatu kegiatan servis yang diberikan terhadap barang perusahaan selama dalam kegiatan pemindahan barang. Pelayanan atau servis datang dari berbagai pihak, baik pengangkutan barang itu dikelola oleh perusahaan sendiri atau dengan

cara menyewa dari perusahaan pengangkutan yang resmi. Pelayanan barang datang dari para karyawan yang membawa, mengendalikan alat transportasi para petugas yang berhubungan dengan alat transportasi. Pelayanan yang terbaik yang kita harapkan dengan tidak menambah biaya transportasi dari biaya yang normal.

d. Konsistensi

Konsistensi pelayanan merupakan hal yang cukup penting di bidang transportasi dengan menunjukkan prestasi waktu yang teratur, jika kemampuan transportasi tidak konsisten, maka perusahaan harus mengadakan perusahaan yang aman dalam jumlah tertentu yang cukup aman guna menghindari terjadinya kemacetan operasional rutin perusahaan. Konsistensi transportasi mempengaruhi keterkaitan antara persediaan bahan baku, persediaan suku cadang, persediaan barang jadi dan persediaan penjualan serta resiko-resiko yang harus dipertimbangkan.

Transportasi merupakan komponen dalam logistik suatu perusahaan. Salah satu faktor yang menentukan dalam logistik adalah penentuan rute transportasi yang akan berpengaruh terhadap biaya transportasi. Pada umumnya biaya transportasi menyerap persentase biaya logistik yang lebih besar daripada aktivitas logistik lainnya. Oleh karena itu, untuk mengurangi biaya transportasi, diperlukan sistem transportasi yang efisien. Menurunnya biaya transportasi, harga produk juga dapat menurun dan lebih mudah bersaing dengan para kompetitor dalam hal harga.

Peningkatan efisiensi dari sistem transportasi dapat dilakukan dengan memaksimalkan utilitas dari alat transportasi yang ada. Mengurangi biaya transportasi dan juga untuk meningkatkan pelayanan kepada *customer*, perlu dicari rute atau jalur transportasi terbaik yang dapat meminimalkan jarak dan waktu.

Pembahasan selanjutnya akan menjelaskan tentang masalah penentuan rute. Karena dalam penelitian ini membahas tentang permasalahan rute transportasi untuk pengiriman barang.

Klasifikasi masalah penentuan rute didasarkan karakteristik pengiriman, misalnya ukuran armada pengiriman, dimana depot armada berada, kapasitas kendaraan, tujuan penentuan rute sebagai berikut :

1. Travelling Salesman Problem (TSP), merupakan kasus yang paling sederhana dimana

sebuah kendaraan mengunjungi semua node yang ada.

2. Vehicle Routing Problem (VRP), merupakan masalah penentuan rute dimana diadakan beberapa pembatasan misalnya kapasitas dari beberapa kendaraan atau waktu pengiriman serta ada kemungkinan permintaan atau situasi yang berubah – ubah.

Permasalahan yang bertujuan untuk membuat suatu rute yang optimal, untuk suatu kelompok kendaraan, agar dapat melayani sejumlah konsumen disebut sebagai *Vehicle Routing Problem*.

2.3 Vehicle Routing Problem (VRP)

Vehicle Routing Problem (VRP) diperkenalkan pertama kali oleh Dantziq dan Ramser pada tahun 1959 dan semenjak itu telah dipelajari secara luas. VRP didefinisikan sebagai sebuah pencarian atas cara penggunaan yang efisien dari sejumlah *vehicle* yang harus melakukan perjalanan untuk mengunjungi sejumlah tempat untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Istilah *customer* digunakan untuk menunjukkan pemberhentian untuk mengantar dan/atau menjemput orang/barang. Setiap *customer* harus dilayani oleh satu *vehicle* saja. Penentuan pasangan *vehicle-customer* ini dilakukan dengan mempertimbangkan kapasitas *vehicle* dalam satu kali angkut, untuk meminimalkan biaya yang diperlukan. Biasanya, penentuan biaya minimal erat kaitannya dengan jarak yang minimal.

Vehicle Routing Problem (VRP) adalah masalah penentuan rute-rute yang optimal dari satu depot menuju sejumlah pelanggan yang tersebar secara geografis dengan memperhatikan sejumlah batasan. Batasan yang muncul dalam VRP antara lain berupa setiap pelanggan dikunjungi hanya satu kali oleh satu kendaraan, setiap kendaraan berawal dan berakhir di depot, setiap kendaraan dapat melayani lebih dari satu rute atau banyak *trip* (*multiple trips*), waktu pengiriman tiap rute tidak melebihi waktu tertentu (*time horizon*), suatu pelanggan hanya dapat dikunjungi pada waktu tertentu atau adanya jendela waktu (*time windows*), dan sebuah pelanggan hanya dapat dikunjungi setelah pelanggan tertentu.

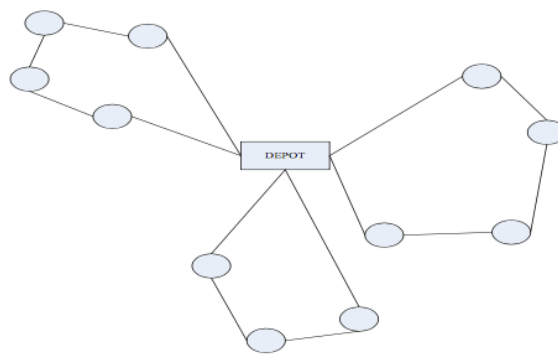
Vehicle Routing Problem terkait dengan permasalahan bagaimana mendatangi pelanggan dengan menggunakan kendaraan yang ada. Istilah lain untuk masalah ini adalah *Vehicle Scheduling Problem*, *Vehicle Dispatching Problem*, atau *Delivery Problem*. *Vehicle Routing Problem* adalah sebuah *hard combinatorial optimisation problem*.

Vehicle routing dan *scheduling* adalah sebuah bentuk lain dari *Vehicle Routing Problem*.

Beberapa pembatas sekarang telah dimasukkan seperti:

- 1) Setiap kendaraan/alat angkut berhenti di suatu tempat maka harus mengangkut barang dalam jumlah tertentu untuk dipindahkan/diantar.
- 2) Beberapa kendaraan/alat angkut bisa digunakan namun dengan kapasitas yang terbatas.
- 3) Waktu total maksimum perjalanan yang dibolehkan dalam sebuah rute sebelum akhirnya memasuki waktu istirahat adalah sekurang-kurangnya delapan jam.

Dalam permasalahan *vehicle routing*, jika setiap alat angkut dapat menempuh *trip*/rute majemuk selama perencanaan maka ini disebut sebagai *Multi Trip Vehicle Routing Problem*. Bentuk solusi *Vehicle Routing Problem* dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1 Solusi Vehicle Routing Problem

ada beberapa karakteristik dalam VRP yang perlu diperhatikan. Komponen-komponen yang berkaitan dalam VRP, yaitu:

1. Pelanggan
2. Depot
3. Pengemudi
4. Rute Kendaraan

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

- a. Setiap kendaraan memiliki kapasitas yang terbatas (*Capacitated VRP-CVRP*).

- b. Setiap konsumen harus dikirim barang dalam waktu tertentu (*VRP with time windows-VRPTW*).
- c. Vendor menggunakan banyak depot untuk mengirim konsumen (*Multiple Depot VRP – MDVRP*).
- d. Konsumen dapat mengembalikan barang-barang kembali ke depot (*VRP with pick up and delivering – VRPPD*).
- e. Konsumen dilayani dengan menggunakan kendaraan yang berbeda-beda (*Split Delivery VRP – SDVRP*).
- f. Beberapa besaran (seperti jumlah konsumen, jumlah permintaan, waktu melayani dan waktu perjalanan).
- g. Pengiriman dilakukan dalam periode waktu tertentu (*Periodic VRP-PVRP*).

Variasi bentuk VRP muncul tergantung pada suatu kondisi yang ada. Kondisi tersebut terdiri dari sejumlah faktor, kendala dan fungsi tujuan. beberapa contoh variasi dari VRP, antara lain:

- a. *VRP with multiple trips*: satu kendaraan dapat melakukan lebih dari satu rute untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.
- b. *VRP with time window*: setiap pelanggan mempunyai rentang waktu pelayanan yaitu pelayanan harus dilakukan pada rentang time window masing-masing pelanggan.
- c. *VRP with split deliveries*: setiap pelanggan boleh dikunjungi lebih dari satu kendaraan.
- d. *VRP with multiple products*: permintaan pelanggan lebih dari satu produk. Pada umumnya, VRP bentuk ini juga melibatkan kendaraan dengan multi- compartments.
- e. *Periodic VRP*: adanya horison perencanaan yang berlaku untuk satuan waktu tertentu.
- f. *VRP with delivery dan pick-up*: terdapat sejumlah barang yang perlu dipindahkan dari lokasi penjemputan tertentu ke lokasi pengiriman lainnya.
- g. *VRP with multiple depots*: depot awal untuk melayani pelanggan lebih dari satu.

- h. VRP with *heterogeneous fleet of vehicle*: kapasitas kendaraan antara kendaraan satu dengan kendaraan lain. Jumlah dan tipe kendaraan diketahui.
- i. *Stochastic VRP*: memiliki unsur random misalnya permintaan pelanggan yang tidak pasti dan waktu perjalanan .
- j. *Dynamic VRP*: pelanggan baru dapat disisipkan pada perencanaan rute selanjutnya.

Menurut Toth dan Vigo(2002) terdapat empat tujuan umum VRP, yaitu:

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

Dari banyak pendekatan untuk memecahkan masalah VRP terdapat dua metode yang paling umum digunakan yaitu *sweep method* dan *savings method*. Kedua metode tersebut merupakan tehnik pemecahan VRP secara *heuristic*.

2.4 Metode Pemecahan Masalah VRP

Masalah mencari solusi yang baik dalam masalah penentuan kendaraan menjadi lebih sulit dengan adanya pembatas-pembatas tambahan dari masalah. *Time Windows*, jumlah truk yang banyak dengan perbedaan kapasitas, total maksimum waktu distribusi yang diizinkan dalam rute, perbedaan kecepatan dalam zona yang berbeda, rintangan/penghalang dalam perjalanan (sungai, belokan, gunung), dan waktu istirahat untuk pengemudi adalah beberapa pertimbangan yang diperlukan dalam penentuan perancangan rute. Pendekatan yang disarankan dalam mengatasi masalah yang kompleks, terdapat dua metode yaitu metode sederhana (*The Sweep Method*) dan yang lebih kompleks dan akurat (*The Savings Method*).

1. *The Sweep Method*

Prosesnya terdiri dari dua tahapan. Pertama, tempat perhentian diberipenugasan

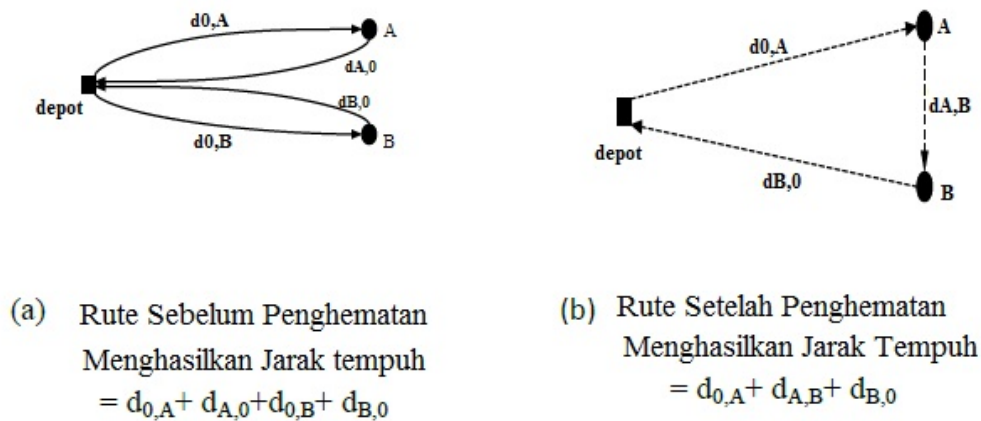
dengankendaraan, kemudian urutan tempat perhentian rute ditentukan. Dikarenakan proses dua tahapan ini, total waktu dalam rute dan *time windows* tidak dijalankan dengan baik. Metode “*sweep*” adalah sebagai berikut:

- a. Lokasikan semua tempat perhentian termasuk depot dalam peta
- b. Perpanjang garis lurus dari depot dalam segala arah. Putar garis searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam hingga ia memotong tempat perhentian. Beri pertanyaan: jika tempat perhentian dimasukkan dalam rute, akankah kapasitas kendaraan dilampaui? jika tidak, maju terus dengan putaran garis sampai tempat perhentian berikutnya saling berpotongan. Tanyakan apakah volume kumulatif dapat melampaui kapasitas kendaraan. Gunakan kendaraan dengan kapasitas besar terlebih dahulu. Jika iya, keluarkan titik terakhir dan tentukan rutenya. Lanjutkan garis “*sweep*”, mulai rute baru dengan titik terakhir yang dikeluarkan dari rute sebelumnya. Lanjutkan hingga semua titik diberi penugasan dalam rute.
- c. Dalam setiap rute, urutkan tempat-tempat perhentian untuk meminimisasi jarak. Pengurutan dapat diselesaikan dengan metode “*teardrop*” atau dengan menggunakan algoritma apapun untuk menyelesaikan “*Travelling Salesman Problem*”.

2. *The Savings Method* Tujuan dari metode “*savings*” adalah untuk meminimisasi total jarak perjalanan semua kendaraan dan untuk meminimisasi secara tidak langsung jumlah kendaraan yang diperlukan untuk melayani semua tempat perhentian. Logika dari metode ini bermula dari kendaraan yang melayani setiap tempat perhentian dan kembali ke depot, seperti terlihat pada Gambar 2.2 (a). Hal ini memberikan jarak maksimum dalam masalah penentuan rute. Kemudian, dua tempat perhentian digabung dalam satu rute yang sama sehingga satu kendaraan tersebut dieliminasi dan jarak tempuh/perjalanan dapat dikurangi yang dapat dilihat pada Gambar 2.2 (b).

Pendekatan “*savings*” mengizinkan banyak pertimbangan yang sangat penting dalam aplikasi yang realistis. Sebelum tempat perhentian dimasukkan ke dalam sebuah rute, rute dengan tempat perhentian berikutnya harus dilihat. Sejumlah pertanyaan tentang perancangan rute dapat ditanyakan, seperti apakah waktu rute melebihi waktu distribusi maksimum pengemudi yang diizinkan, apakah waktu untuk istirahat pengemudi telah dipenuhi, apakah kendaraan cukup besar untuk melakukan volume rute yang tersedia. Pelanggaran terhadap kondisi-

kondisi tersebut dapat menolak tempat perhentian dari rute keseluruhan. Tempat perhentian selanjutnya dapat dilihat menurut nilai “*savings*” terbesar dan proses pertimbangan diulangi. Pendekatan ini tidak menjamin solusi yang optimal, tetapi dengan mempertimbangkan masalah kompleks yang ada, solusi yang baik dapat dicari.



Gambar 2.2 Pengurangan Jarak Tempuh

Permasalahan penentuan rute biasanya merupakan permasalahan *NP-Hard Problem* dimana penyelesaian dengan metode *exact* seringkali akan memakan waktu yang cukup lama untuk menyelesaikannya. Banyak para ahli yang merancang penyelesaian suatu problem dengan menggunakan metode heuristik. Metode Heuristik adalah teknik yang dirancang untuk memecahkan masalah yang mengabaikan apakah solusi dapat dibuktikan benar, tapi yang biasanya menghasilkan solusi yang baik atau memecahkan masalah yang lebih sederhana yang mengandung atau memotong dengan pemecahan masalah yang lebih kompleks. Metode Heuristik ini bertujuan untuk mendapatkan performa komputasi atau penyederhanaan konseptual, berpotensi pada biaya keakuratan atau presisi. Metode heuristik ada dua jenis yakni metode heuristik sederhana dan metaheuristik. Metode heuristik contohnya adalah *Nearest insertion* dan *Clarke and Wright Saving Method*. Adapun penjelasannya sebagai berikut:

2. Pada *Nearest insertion* yang dilakukan pertama kali adalah menentukan setiap titik yang masih tersisa dan bebas atau titik yang belum dikunjungi yang menghasilkan link optimal untuk menyisipkan titik ini. Ini sesuai dengan minimisasi pertama dalam persamaan: Identik dengan proses *cheapest insertion*, penalti penyisipan adalah jumlah jarak ke titik bebas dikurangi jarak dari link yang akan dihapus. *Nearest Insertion* kemudian

dipilih titik untuk disipkan sebagai titik penyisipan dengan penalti maksimum.

3. Pada *Nearest insertion* yang dilakukan pertama kali adalah menentukan titik untuk disipkan dengan mencari titik bebas yang paling dekat dengan suatu titik pada tur. Algoritma pada dasarnya melakukan sebuah operasi mini-min pada jarak dari titik bebas untuk suatu titik pada perjalanan.

4. Pada *farthest insertion* yang dilakukan pertama kali adalah menentukan setiap titik bebas yang memiliki jarak ke titik manapun pada tur terkecil. Kemudian masukkan titik bebas yang memiliki maksimum jarak terkecil ke titik pada tur. Algoritma ini pada dasarnya merupakan sebuah operasi maxi-mnt pada jarak dari titik bebas untuk suatu titik pada tur.

$$\max_{keT} \left\{ \min_{jeT} c_{kj} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

Selanjutnya ditentukan *link* terbaik untuk menyisipkan titik ini. Proses ini identik dengan proses pada *cheapest insertion* dan *farthest insertion*.

3. Pada *Nearest addition* yang pertama kali dilakukan adalah menentukan titik yang akan disisipkan dengan mencari titik bebas yang paling dekat dengan suatu titik pada perjalanan. Tentukan *link* terbaik untuk menyisipkan titik ini dengan memeriksa dua link pada insiden tur ke titik tur paling dekat dengan titik bebas tersebut. Ini merupakan pencarian yang lebih terbatas dibanding dengan proses pada *cheapest insertion* dan *farthest insertion*

$$\min = \{ \delta_{ijk} = c_{ik} + c_{kj} - c_{ij} \cdot \delta_{jkm} = c_{jk} + c_{km} - c_{jm} \} \dots\dots(3)$$

4. *Clarke* dan *Wright* mengembangkan prosedur konstruksi yang memanjang sebagian rute atau rute primitif pada dua titik akhir. Secara konseptual algoritma mendefinisikan titik pangkal dan membangun sebuah tur Eulerian yang memiliki pengertian mengunjungi masing- masing titik lain dan kemudian kembali ke pangkal. Tur Eulerian kemudian dikurangi panjangnya dengan mencari jalan dengan *saving* terbesar. *Saving* dihitung sebagai jumlah dari jarak ke titik dasar dari dua titik dikurangi jarak antara dua titik.

Setelah dua titik telah bergabung, titik tersebut tidak akan pernah dipisahkan lagi oleh algoritma *Clarke dan Wright*. Serial varian dari algoritma memperluas parsial satu rute di ujungnya titik, yang tersambung ke titik pangkal. Titik berikutnya kemudian dipilih dengan mencari titik dengan *saving* terbesar untuk saat ini titik akhir dari tur parsial.

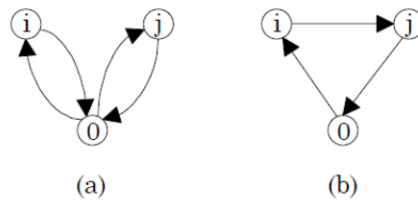
2.5 Algoritma Penghematan (Savings Algorithm)

Pada tahun 1964, Clarke dan Wright mempublikasikan sebuah algoritma sebagai solusi permasalahan dari berbagai rute kendaraan, yang sering disebut sebagai permasalahan klasik dari rute kendaraan (*the classical vehicle routing problem*).

Algoritma ini didasari pada suatu konsep yang disebut konsep *savings*. Algoritma ini dirancang untuk menyelesaikan masalah rute kendaraan dengan karakteristik sebagai berikut. Dari suatu depot barang harus diantarkan kepada pelanggan yang telah memesan. Sarana transportasi dari barang-barang ini, sejumlah kendaraan telah disediakan, di mana masing-masing kendaraan dengan kapasitas tertentu sesuai dengan barang yang diangkut. Setiap kendaraan yang digunakan untuk memecahkan permasalahan ini, harus menempuh rute yang telah ditentukan, memulai dan mengakhiri di depot, di mana barang-barang diantarkan kepada satu atau lebih pelanggan. Permasalahannya adalah untuk menetapkan alokasi untuk pelanggan di antara rute-rute yang ada, urutan rute yang dapat mengunjungi semua pelanggan dari rute yang ditetapkan dari kendaraan yang dapat melalui semua rute. Tujuannya adalah untuk menemukan suatu solusi yang meminimalkan total pembiayaan kendaraan. Lebih dari itu, solusi ini harus memuaskan batasan bahwa setiap pelanggan dikunjungi sekali, di mana jumlah yang diminta diantarkan, dan total permintaan pada setiap rute harus sesuai dengan kapasitas kendaraan.

Biaya-biaya kendaraan ditetapkan oleh biaya pengangkutan dari beberapa titik ke titik-titik yang lain. Pembiayaan tidak harus sama pada dua jalur di antara dua titik.

Algoritma *savings* adalah sebuah algoritma heuristik, dan oleh karena itu tidak menyediakan sebuah solusi yang optimal untuk problem tertentu. Metode ini, bagaimanapun juga sering menghasilkan solusi yang baik. Merupakan suatu solusi yang sedikit berbeda dari solusi optimal. Dasar dari konsep penghematan ini untuk mendapatkan penghematan biaya dengan menggabungkan dua rute menjadi satu rute yang digambarkan pada di bawah ini



Gambar 2.3 Ilustrasi Konsep Penghematan

Berdasarkan Gambar 2.3 (a) pelanggan i dan j dikunjungi dengan rute yang terpisah. Sebuah alternatif untuk masalah ini adalah mengunjungi dua pelanggan pada rute yang sama, sebagai contoh pada urutan i - j seperti yang diperlihatkan pada Gambar 2.3 (b). karena biaya transportasi diberikan, penghematan yang terjadi dari pengangkutan pada rute Gambar 2.3 (b) dibanding dua rute pada Gambar 2.3 (a) dapat dihitung.

Clarke dan *Wright* mengembangkan prosedur konstruksi yang memanjang sebagian rute atau rute primitif pada dua titik akhir. Secara konseptual algoritma mendefinisikan titik pangkal dan membangun sebuah tur Eulerian yang memiliki pengertian mengunjungi masing-masing titik lain dan kemudian kembali ke pangkal. Perjalanan kemudian dikurangi panjangnya dengan mencari jalan dengan *saving* terbesar. *Saving* dihitung sebagai jumlah dari jarak ke titik dasar dari dua titik dikurangi jarak antara dua titik.

Setelah dua titik telah bergabung, titik tersebut tidak akan pernah dipisahkan lagi oleh algoritma *Clarke dan Wright*. Serial varian dari algoritma memperluas parsial satu rute di ujungnya titik, yang tersambung ke titik pangkal. Titik berikutnya kemudian dipilih dengan mencari titik dengan *saving* terbesar untuk saat ini titik akhir dari tur parsial.

Router adalah suatu model pembagian distribusi yang telah dilakukan dalam operasi pengiriman dan mempunyai banyak kemampuan yang tidaklah secara penuh diuraikan disini; sebagai tambahan, ada batas penempatan dalam ukuran masalah. Model masalah dengan Contoh model meliputi:

1. Jenis kendaraan yang berbeda diperbolehkan.
2. Pengisian kedalam kendaraan harus dilakukan oleh berat, bentuk atau jumlah perhentian.
3. Koordinat yang bervariasi untuk perhentian dan lokasi depot yang di perbolehkan.
4. Jarak antara depot dan perhentia, atau antara perhentian, dihitung dari mengkoordinir

metode ukur atau yang telah ditetapkan.

5. Jarak atau waktu maksimum pada suatu rute telah ditetapkan.
6. Biaya-biaya rute ditentukan berdasarkan pada perbaikan kendaraan dan tingkat tarif variable.

2.6 Metode Saving Matrix

Metode Saving Matrix adalah metode untuk meminimalkan jarak atau waktu atau ongkos dengan mempertimbangkan kendala – kendala yang ada dengan langkah - langkah yang dikerjakan sebagai berikut :

1. Mengidentifikasi matrik jarak
2. Mengidentifikasi matrik penghematan (*saving*)
3. Mengalokasikan konsumen ke kendaraan atau rute
4. Mengurutkan konsumen dalam rute yang sudah terdefinisi

2.7 Penelitian Terdahulu

Adapun posisi penelitian apabila dibandingkan dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya pada tabel 2

Tabel 2. Peneliti Terdahulu

Penulis	Judul Penelitian	Kerangka Umum
Rizky Muhammad Alhamad	Perancangan Rute Pengiriman BBM di Depo Balongan Dengan Menggunakan Metode <i>Vehicle Routing Problem</i>	Menghitung Saving Matrix untuk menentukan Rute dan Jadwal Distribusi BBM.
Ary Arvianto, Aditya Hendra Setiawan dan Singgih Saptadi	Model <i>Vehicle Routing Problem</i> dengan Karakteristik Rute Majemuk, <i>Multiple Time Windows</i> , <i>Multiple Products</i> dan <i>Heterogeneous Fleet</i> untuk Depot Tunggal	pengiriman bahan bakar menggunakan kapal dengan varian kapasitas tangki yang digunakan (heterogenous fleet), dengan <i>Capacitated Vehicle routing problem</i>

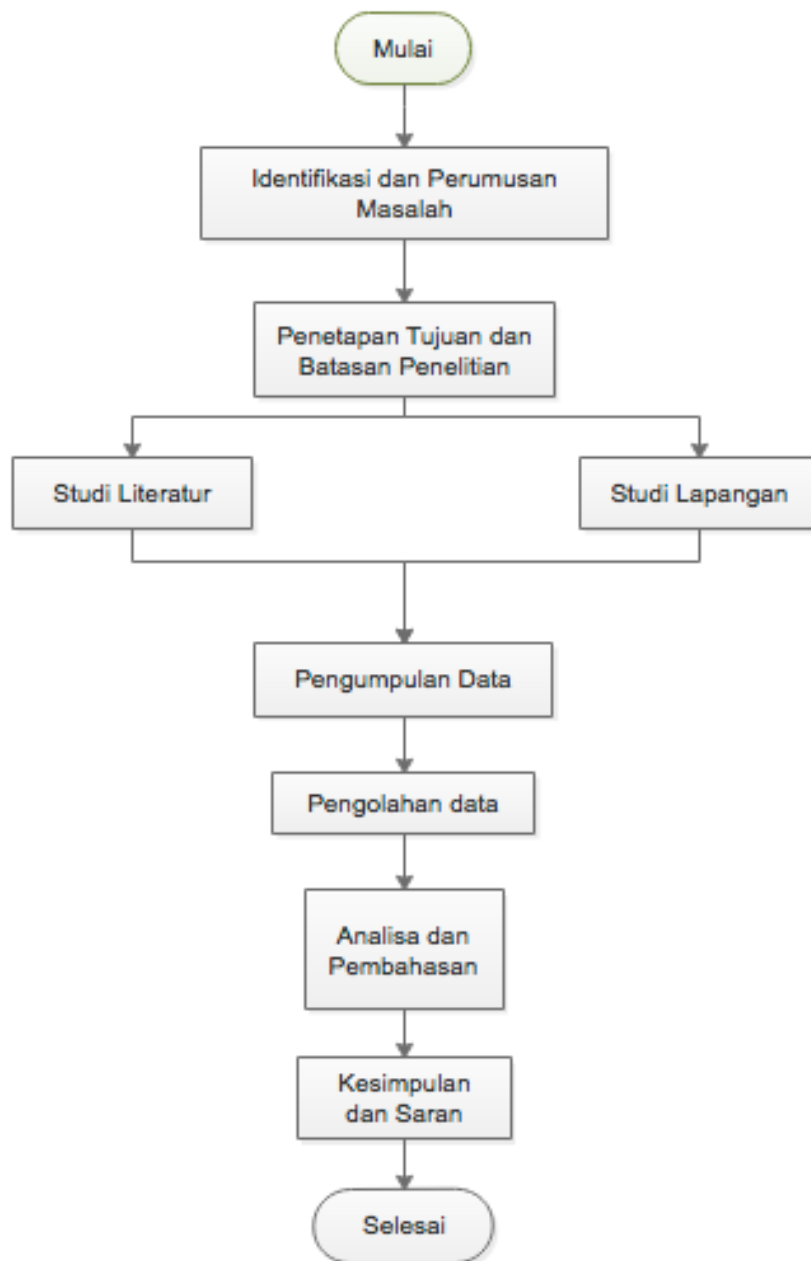
<p>Ilham Nuryadin Wardhana</p>	<p>Optimasi Rute Distribusi <i>Gas Transport Module</i> (GTM) Menggunakan <i>Vehicle Routing Problem</i> (VRP)</p>	<p>Perencanaan distribusi gas menggunakan <i>GTM (Gas Transport Module)</i>, Penentuan rute pengiriman dari SPBBG Menggunakan <i>Capacitated Vehicle Routing Problem</i></p>
------------------------------------	--	--

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Dalam metodologi penelitian yang akan di gunakan dengan beberapa langkah dan dan prosedur yang akan di bahas pada penelitian ini.



Gambar 3.1 Flowchart Penelitian

3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah

Kebutuhan akan Bahan Bakar di sektor industri terus mengalami peningkatan , Khususnya pada Bahan Bakar Gas , penggunaan Bahan Bakar tersebut terus meningkat setiap tahunnya di salah satu factor meningkatnya permintaan dari gas itu sendiri munculnya industri – industri baru , akan tetapi permintaan tersebut tidak sebesar skala pemakaian industri lama yang dihimbau oleh pemerintah untuk menggunakan energy bersih disamping itu beberapa industri yang menggunakan Gas khususnya *Compressed Natural Gas* karena jangkauan infrastruktur dari ketersediaan Gas alam yang akan langsung di alirkan melalui Pipa

Sebagai jasa penyedia Gas Alam Terkompresi yang mana salah satu keunggulan mampu menjangkau tempat yang belum tersedia jaringan pipa gas, kinerja pengiriman bukan hanya sampai tujuan dan memenuhi permintaan saja namun juga perlu melakukan penghematan , yaitu dengan cara meminimumkan biaya pengiriman / transportasi , kemampuan menentukan rute pengiriman yang dipilih dapat di gunakan sebagai acuan operasional

3.2 Penetapan Tujuan dan Batasan Penelitian

Berdasarkan Permasalahan yang telah di sebutkan sebelumnya , maka tujuan dari penelitian ini diawali dengan membuat daftar tujuan pengiriman dan menghitung berapa armada yang akan digunakan berikut dengan kemampuan / kapasitas angkutnya sebagai refrensi dalam penentuan metode yang akan di gunakan . Terkait dengan batasan masalah pada penelitian ini adalah fokus pada unit operasional distribusi.

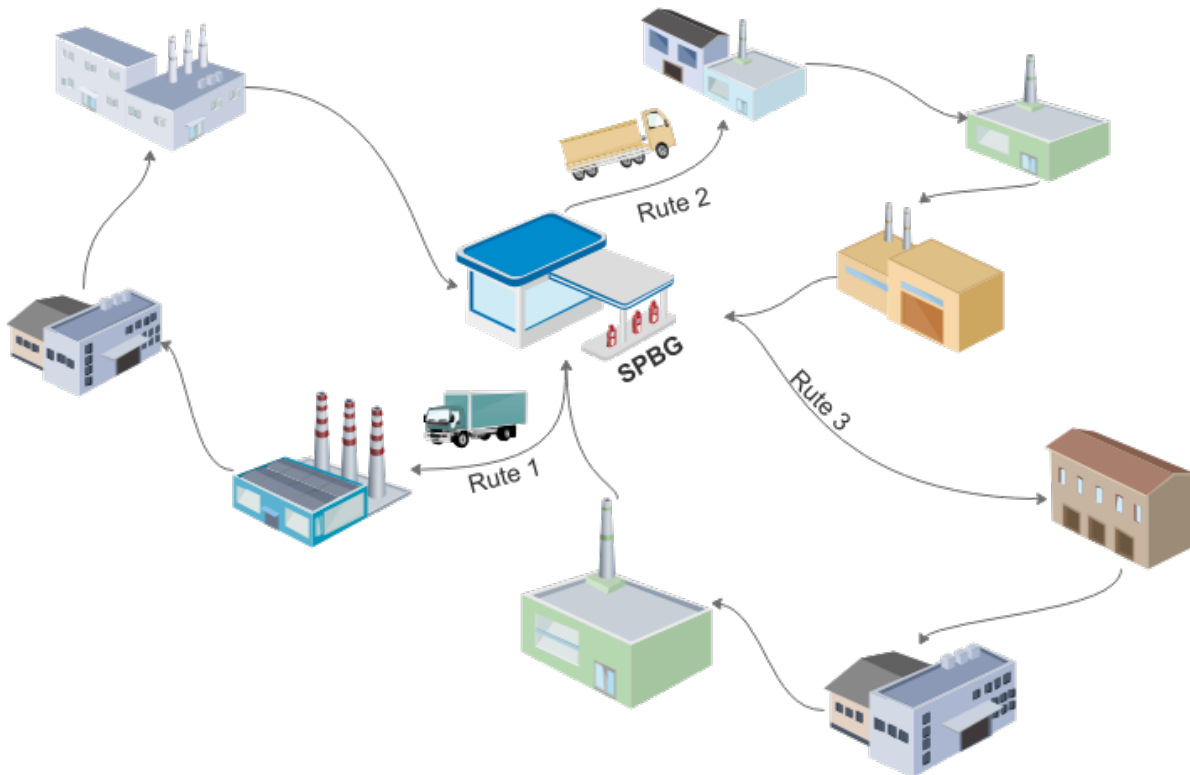
3.3 Pengumpulan Data

Data yang di butuhkan dalam penelitian ini akan diambil dari data operasional pengiriman yang pada tahun tiga tahun belakangan yaitu tahun 2015 , 2016 dan 2017. Data yang akan dimodelkan sesuai dengan metode yang akan digunakan yaitu :

- Data Permintaan
- Jumlah Armada dan Kapasitas Angkut
- Jumlah Permintaan
- Lokasi Konsumen

3.4 Pengolahan Data

Data yang diperoleh dari pengumpulan data akan di proses dengan metode *Capacitaced Vehicle Routing Problem* yang menggunakan Algoritma Saving.



Gambar 3.2 Model Penyelesaian VRP

3.5 Analisa dan Pembahasan

Hasil dari Pengolahan data akan dianalisa dan dibahas mengenai rute yang nantinya akan di terapkan pada operasional selanjutnya serta membahas metode yang digunakan sebagai algoritma penyelesaian

3.6 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan akan ditarik kesimpulan terhadap permasalahan yang terjadi dalam pendistribusian dan hasil yang di peroleh melalui kegiatan penelitian. Hasil yang di peroleh merupakan gambaran solusi untuk permasalahan yang terjadi. sedangkan saran merupakan pendapat yang diberikan oleh peneliti terhadap perusahaan untuk melakukan perbaikan terhadap permasalahan dan metode yang digunakan pada penleitian.

Halaman ini sengaja dikosongkan

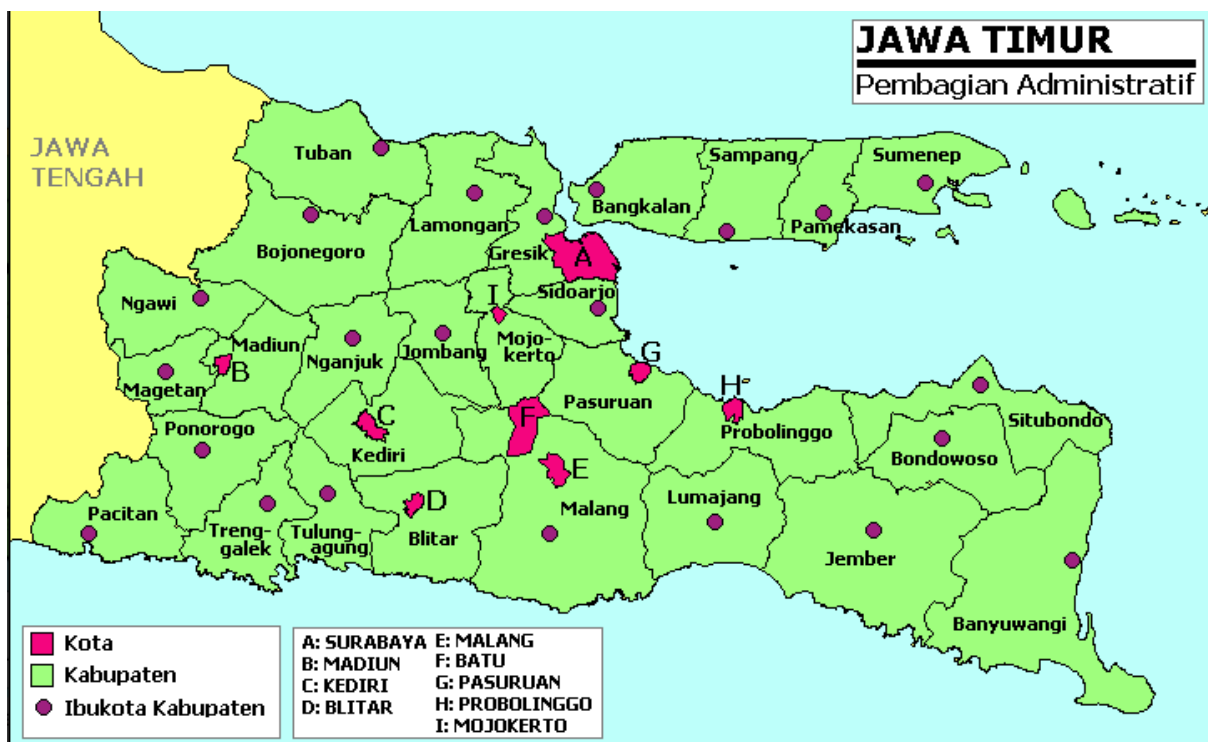
BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan data

Pada tahap pengumpulan data, akan di peroleh data yang mana nantinya digunakan dalam perhitungan terhadap model

4.1.1 Peta Jawa Timur



Gambar 4.1 Peta Jawa Timur

Data perhitungan rute dengan pendekatan yang di ambil melalui *Google Maps* dengan posisi SPBG untuk pengisian CNG terletak di kota sidoarjo yang nantinya akan di kirim ke konsumen adalah pabrik – pabrik yang berada di area jawa timur , di beberapa kota mempunyai lebih dari 1 destinasi pengiriman , dengan cara menentukan koordinat di google maps lalu di plot dengan skala 10 km , setelah titik koordinat di dapat akan di lakukan perhitungan jarak ke setiap tujuan.

4.1.2 Data Letak Konsumen

Tabel 4.1 Koordinat Lokasi

		X	Y
DC/SPBG:	Sidoarjo (Kalidawir)	0	0
A:	Mojokerto	-0.5	-4.8
B:	Singosari	5.5	-0.7
C:	Driyorejo	-2.8	-2
D:	Bandulan	7.7	-1.9
E:	Kepanjen	-10.4	-2.8
F:	Batu	-3.7	-5.8
G:	Lingkar Timur (Sidoarjo)	0.2	1.3
H:	Blimbing	-1.7	-7
I:	Jombang	-7.5	-0.8
J:	Jetis	-4.8	1.8
K:	Margomulyo	2	8.5

dari table di atas menunjukkan posisi koordinat yang mewakili Depot / SPBG /DC beserta tujuan distribusi *Gas Transport Module*

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Keterangan :

d = jarak 2 titik

$(x_1 - y_1)$ = koordinat titik pertama

$(x_2 - y_2)$ = Koordinat titik kedua

Sebagai contoh untuk Mendapatkan jarak titik A terhadap SPBG

$$\text{SPBG} = x_1 = 0$$

$$= y_1 = 0$$

$$\text{Titik A} = x_2 = -0,5$$

$$= y_2 = -4,8$$

kemudian masukkan ke dalam rumus untuk menghitung jarak antar titik pada persamaan rumusnya

$$d = \sqrt{(-0,5 - 0)^2 + (-4,8 - 0)^2}$$

$$= \sqrt{(0,25 + 23,04)} = \underline{4,83}$$

Tabel 4.2 Jarak Antara Tempat Distribusi

SPBG	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
A	4.83	0										
B	5.54	7.27	0									
C	3.44	3.62	8.40	0								
D	7.93	8.70	2.51	10.50	0							
E	10.77	10.10	16.04	7.64	18.12	0						
F	6.88	3.35	10.52	3.91	12.05	7.34	0					
G	1.32	6.14	5.66	4.46	8.15	11.37	8.10	0				
H	7.20	2.51	9.57	5.12	10.69	9.66	2.33	8.51	0			
I	7.54	8.06	13.00	4.85	15.24	3.52	6.28	7.98	8.49	0		
J	5.13	7.88	10.60	4.29	13.04	7.25	7.68	5.02	9.33	3.75	0	
K	8.73	13.53	9.84	11.55	11.86	16.78	15.39	7.42	15.94	13.29	9.55	0

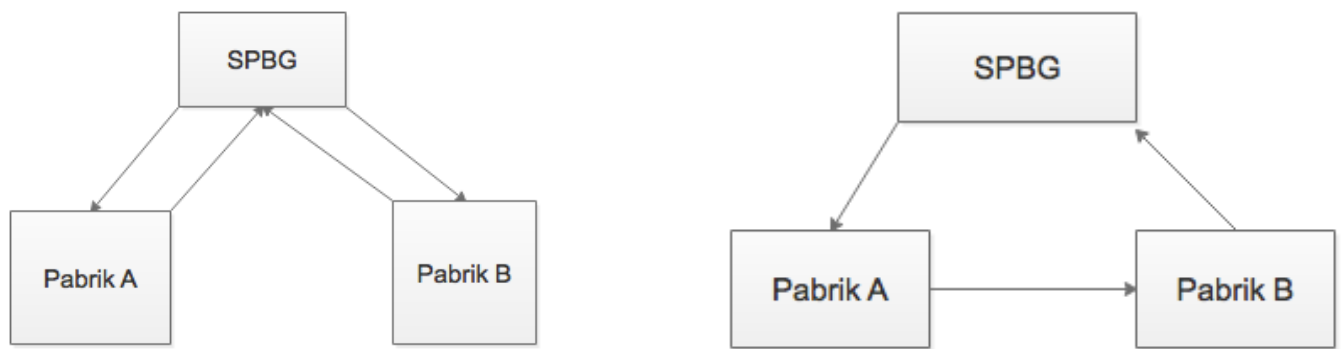
hasil dari perhitungan jarak dari semua lokasi dapat dilihat pada table diatas yang mana hasil dari perhitungan tersebut di skala kan kembali untuk mendapatkan jarak sebenarnya , setelah mendapatkan jarak antar titik dilanjutkan dengan memasukkan data permintaan konsumen yang mana nantinya digunakan sebagai salah satu penentuan penggunaan armada

Tabel 4.3 Permintaan Gas

Demand	Bulan (m ³)	Harian (m ³)
A:	3900	177
B:	35600	1618
C:	6500	295
D:	2700	123
E:	21000	955
F:	9100	414
G:	3500	159
H:	2900	132
I:	500	23
J:	3700	168
K:	2100	95

Dari permintaan setiap bulan dengan asumsi setiap bulan permintaan sama kemudian di konversi dalam bentuk harian untuk menyesuaikan operasional / hari kerja , dari permintaan yang di dapat dari konsumen hasilnya akan di bagi dengan 22 (hari) karena permintaan disini di rekap dalam bulan seperti contoh pada Konsumen B mempunyai permintaan sebesar 35.600 m³ dalam sebulan kemudian akan di bagi dengan 22 hari sehingga menghasilkan permintaan perhari sebesar 1.618 m³.

Setelah didapat data permintaan berikut nya membuat perhitungan jarak dengan output sebuah *Saving Matrix*



Gambar 4.2 Konsolidasi Rute

dari gambar 4.2 diatas dapat kita lihat bahwa perubahan jarak adalah sebesar total jarak di kurangi dengan total jarak kanan yang besarnya adalah :

$$2 \times \text{Jarak} (\text{SPBG} , \text{PA}) + 2 \times \text{Jarak} (\text{SPBG} , \text{PB}) - [\text{J} (\text{SPBG} , \text{PA}) + \text{J} (\text{PB} , \text{PA}) + \text{J} (\text{PB} , \text{SPBG})]$$

$$= \text{J}(\text{SPBG},\text{PA}) + \text{J} (\text{SPBG} , \text{PB}) - \text{J}(\text{PA},\text{PB})$$

dengan menggunakan formula di atas maka matrix penghematan jarak dapat dihitung untuk semua konsumen.

4.2 Pengolahan Data

Tabel 4.4 . Rute Pertama

SPBG	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0										
B	3.103	0									
C	4.643	0.584	0								
D	4.059	10.969	0.871	0							
E	5.496	0.277	6.569	0.579	0						
F	8.353	1.905	6.415	2.762	10.309	0					
G	0.001	1.195	0.296	1.092	0.720	0.094	0				
H	9.523	3.181	5.525	4.440	8.313	11.751	0.004	0			
I	4.306	0.087	6.133	0.234	14.790	8.142	0.877	6.256	0		
J	2.075	0.072	4.273	0.021	8.650	4.327	1.417	3.000	8.921	0	
K	0.025	4.433	0.628	4.803	2.726	0.218	2.626	0.000	2.980	4.312	0
ORDER	177	1618	295	123	1864	414	159	132	23	168	95

Kemudian adalah mengalokasikan armada / kendaraan angkut untuk memaksimalkan penghematan maka dilakukan penggabungan rute dari angka terbesar dalam data ini yaitu angka 14.79 yang merupakan penghematan dari Pabrik E dan I . Jumlah Permintaan masing – masing adalah 1864 dan 23

Tabel 4.5 Rute Kedua

SPBG	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0										
B	3.103	0									
C	4.643	0.584	0								
D	4.059	10.969	0.871	0							
E	5.496	0.277	6.569	0.579	0						
F	8.353	1.905	6.415	2.762	10.309	0					
G	0.001	1.195	0.296	1.092	0.72	0.094	0				
H	9.523	3.181	5.525	4.44	8.313	11.751	0.004	0			
I	4.306	0.087	6.133	0.234	14.79	8.142	0.877	6.256	0		
J	2.075	0.072	4.273	0.021	8.65	4.327	1.417	3.000	8.921	0	
K	0.025	4.433	0.628	4.803	2.726	0.218	2.626	0.000	2.98	4.312	0
ORDER	177	1618	295	123	1864	414	159	132	23	168	95

Berikutnya penghematan terbesar kedua yang ada pada tabel 7 ialah Pabrik F dan H sebesar 11.75 dengan kapasitas permintaan sebesar 414 , namun tidak berhenti disitu saja namun masih ada kemampuan kapasitas yang bisa digunakan sehingga pengiriman lebih optimal yaitu dengan menambahkan rute berikutnya yaitu Pabrik A dan H dengan pengematan sebesar 9.523 dan kapasitas permintaan sebesar 177 setelah itu akan di tambah juga oleh beban permintaan Pabrik H jadi kapasitas total dari tiga pabrik tersebut $177 + 414 + 132 = 723$.

Tabel 4.6 Rute Ketiga

SPBG	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
A	0										
B	3.103	0									
C	4.643	0.584	0								
D	4.059	10.969	0.871	0							
E	5.496	0.277	6.569	0.579	0						
F	8.353	1.905	6.415	2.762	10.309	0					
G	0.001	1.195	0.296	1.092	0.72	0.094	0				
H	9.523	3.181	5.525	4.44	8.313	11.751	0.004	0			
I	4.306	0.087	6.133	0.234	14.79	8.142	0.877	6.256	0		
J	2.075	0.072	4.273	0.021	8.65	4.327	1.417	3.000	8.921	0	
K	0.025	4.433	0.628	4.803	2.726	0.218	2.626	0.000	2.98	4.312	0
ORDER	177	1618	295	123	1864	414	159	132	23	168	95

pada pemilihan rute disini mengingat ada 2 jenis kapasitas angkut yang harus di maksimalkan sehingga dinilai lebih efisien terhadap kapasitas angkut dapat dilihat penghematan terbesar ketiga di dapat dari Pabrik B dan D yaitu sebesar 10.969 dengan kapasitas permintaan sebesar $1618 + 123 = 1741$ namun untuk memaksimalkan kapasitas angkut rute tersebut dapat di tambahkan dengan rute terkait Pabrik B yaitu Pabrik K dan G sehingga total kapasitas yang diangkut $1714 + 159 + 95 = 1995$, kapasitas tersebut dapat diangkut menggunakan 2 Armada dengan Kapasitas 1000.

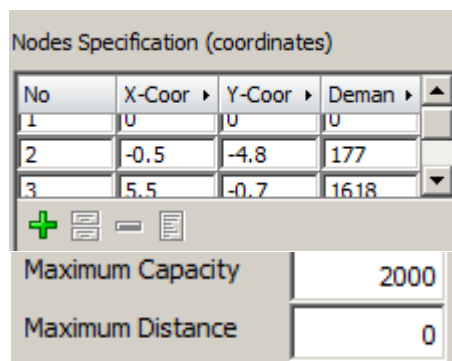
Berikutnya adalah pemilihan rute berikutnya yaitu sisa permintaan yang belum terlayani hal tersebut dapat kita lihat melalui Tabel 8 ada 2 Konsumen yang belum terlayani dalam perhitungan yaitu Pabrik C dan J dengan Permintaan $295 + 168 = 464$, sehingga rute terakhir dari perhitungan yang dibuat melalui *Saving Matrix* beserta total jarak sebagai berikut.

Rute 1 = S – E – I – S = 21.83 Km
 Rute 2 = S – F – H – A – S = 16.55 Km
 Rute 3 = S – G – K – B – D – S = 29.02 Km
 Rute 4 = S – C – J – S = 12.86 km

Namun masih ada lagi cara untuk mengoptimalkan / meminimumkan jarak di setiap rute yaitu dengan cara menggunakan metode *Nearest Neighbour* dari cara tersebut di dapatkan kombinasi rute yang berbeda pada rute ke 3 menjadi S- G- B -D- K –S , yang sebelumnya jarak total 29.02 km menjadi 28.06 km.

Dari kegiatan operasional sebelum adanya penyelesaian masalah pendistribusian menggunakan metode ini perusahaan melakukan distribusi secara acak , dan memukul rata pendistribusian kepada setiap konsumen, Namun hal tersebut adalah sebuah pemborosan kepada armada karena kurangnya kemampuan utilisasi armada, dengan adanya penghematan ini secara kemampuan penggunaan jumlah armada dengan utilisasi kapasitas angkut terhadap permintaan bisa di minimumkan karena semua konsumen dapat terlayani , Adapun manfaat lain yaitu penghematan jarak pengiriman dengan *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*.

Namun Penyelesaian Menggunakan Komputasi Program ada perbedaan terhadap penggunaan rute dengan perhitungan biasa berikut hasil yang di dapat dari sebuah perhitungan menggunakan perangkat lunak dengan langkah pertama yaitu menginputkan titik pendistribusian dan parameter kapasitas dan jarak maksimum



Gambar 4.3 Input Data Solver

Model yang digunakan untuk penyelesaian optimal distribusi dari GTM dengan Fungsi Tujuan sebagai berikut :

$$\text{Min } Z = \sum_i \sum_j \sum_k tc_{ij} X_{ij}$$

1. Syarat Kendaraan mengunjungi 1 node 1 kali

$$\sum_I \sum_K X_{ij}^k = 1 \forall j$$

2. Setiap titik tidak yang mengunjungi akan meninggalkan titik tersebut

$$\sum_J \sum_K X_{ij}^k = 1 \forall i$$

$$\sum_i X_{ip}^k - \sum_K X_{pj}^k = 0 \forall p, k$$

3. Syarat kendaraan meninggalkan dan kembali ke depot maksimal 1 kali

$$\sum_i X_{0j}^k \leq 1 \forall k$$

$$\sum_j X_{i0}^k \leq 1 \forall k$$

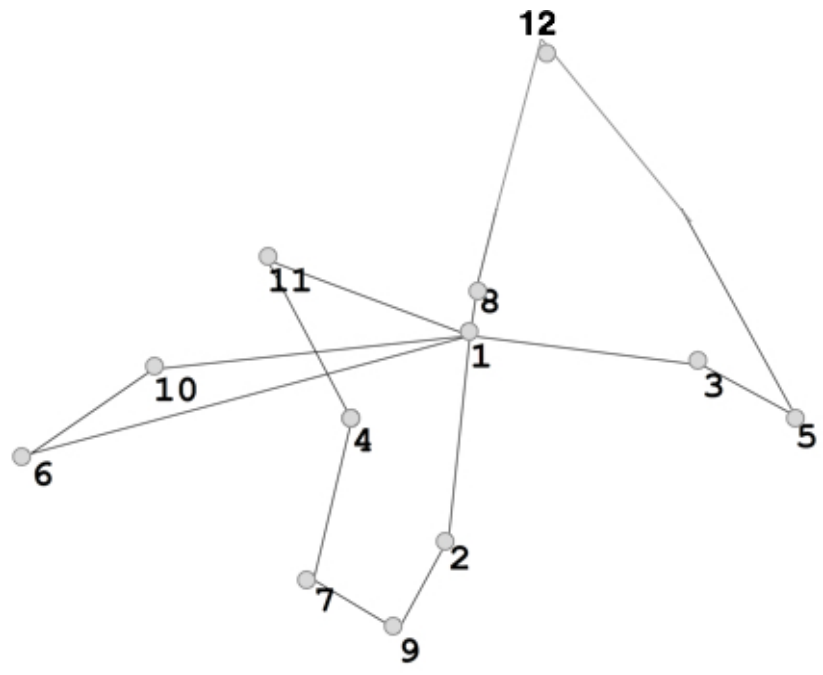
4. Pergerakan kendaraan secara berurutan

$$\sum_k \sum_j X_{0j}^k \leq m$$

5. Syarat kapasitas angkutan tidak boleh melebihi kapasitas kendaraan

$$y_{ij} + z_{ij} \leq Q \sum_k X_{ij}^k \forall i, j$$

Berikutnya di eksekusi sehingga mendapatkan hasil sebagai berikut :



Gambar 4.4 Hasil Penentuan Route

Dari gambar di atas kita dapat melihat bahwa rute yang di hasilkan dari yaitu

Rute 1 : 1 – 8 – 12 – 5 – 3 – 1

Rute 2 : 1 – 10 – 6 – 1

Rute 3 : 1 – 2 – 9 – 7 – 4 – 11 – 1

Dengan Kapasitas yang di Berikan Tiap rute

Rute 1 : 1995 m³

Rute 2 : 1887 m³

Rute 3 : 1186 m³

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V

ANALISA DAN PEMBAHASAN

Dari kegiatan operasional sebelum adanya penyelesaian masalah pendistribusian menggunakan metode ini perusahaan melakukan distribusi secara acak , dan memukul rata pendistribusian kepada setiap konsumen, Namun hal tersebut adalah sebuah pemborosan kepada armada karena kurangnya kemampuan utilisasi armada, dengan adanya penghematan ini secara kemampuan penggunaan jumlah armada dengan utilisasi kapasitas angkut terhadap permintaan bisa di minimumkan karena semua konsumen dapat terlayani , Adapun manfaat lain yaitu penghematan jarak pengiriman dengan *Saving Matrix* dan *Nearest Neighbor*.

Hasil dari Penggunaan Metode secara komputasi / program mendapatkan respon yang lebih cepat di karenakan sudah terdapat preferensi untuk memasukan data serta algoritma yang sudah tersedia , Namun terdapat beberapa kekurangan dalam penggunaan aplikasi tersebut yaitu pengaturan Kendaraan serta pembagian kendaraan, Akan tetapi hasil yang di dapat dengan perhitungan dengan *Saving Matrix* tetap mendekati dan dapat di katakan sama. terbukti dalam hasil yang di dapat masih feasible / Layak diterapkan dalam perusahaan.

Perbedaan Hasil pada penggunaan Komputasi yang mana di karenakan penentuan dari kapasitas total kendaraan menghasilkan penentuan banyak dan jenis kendaraan pada rute distribusi, sangat penting dalam pemilihan jenis armada. Dari perhitungan menggunakan *Saving Matrix* mempunyai kekurangan *Input* jenis dan kapasitas armada yang akan digunakan , selain itu penghematan yang di dapat dari konsumsi BBM juga perlu di perhatikan.

5.1 Biaya Penggunaan Bahan Bakar

menghitung penghematan jarak tempuh di setiap rute yaitu dengan cara menggunakan metode *Nearest Neighbour* dari cara tersebut di dapatkan kombinasi rute yang berbeda pada rute ke 3 menjadi S- G- B -D- K –S , yang sebelumnya jarak total 29.02 km menjadi 28.06 km.

Penggunaan BBM untuk Operasional

Harga Solar	= Rp. 8100
Kemampuan Kendaraan	= 1 : 10 (Liter : km)
Konsumsi Perkendaraan	= 29 km/ hari x 22 hari kerja

$$\begin{aligned}
&= 638 \text{ km / bulan} \\
&= 638 \text{ Km / 10 Liter} \\
&= 63,8 \text{ Km} \times 8100 \\
&= \text{Rp. } 516.780
\end{aligned}$$

pada kasus di atas Rute ke-3 sebelum Penghematan ,

$$\begin{aligned}
\text{Harga Solar} &= \text{Rp. } 8100 \\
\text{Kemampuan Kendaraan} &= 1 : 10 \text{ (Liter : km)} \\
\text{Konsumsi Perkendaraan} &= 28 \text{ km/ hari} \times 22 \text{ hari kerja} \\
&= 616 \text{ km / bulan} \\
&= 616 \text{ Km / 10 Liter} \\
&= 61,6 \text{ Km} \times 8100 \\
&= \text{Rp. } 498.960
\end{aligned}$$

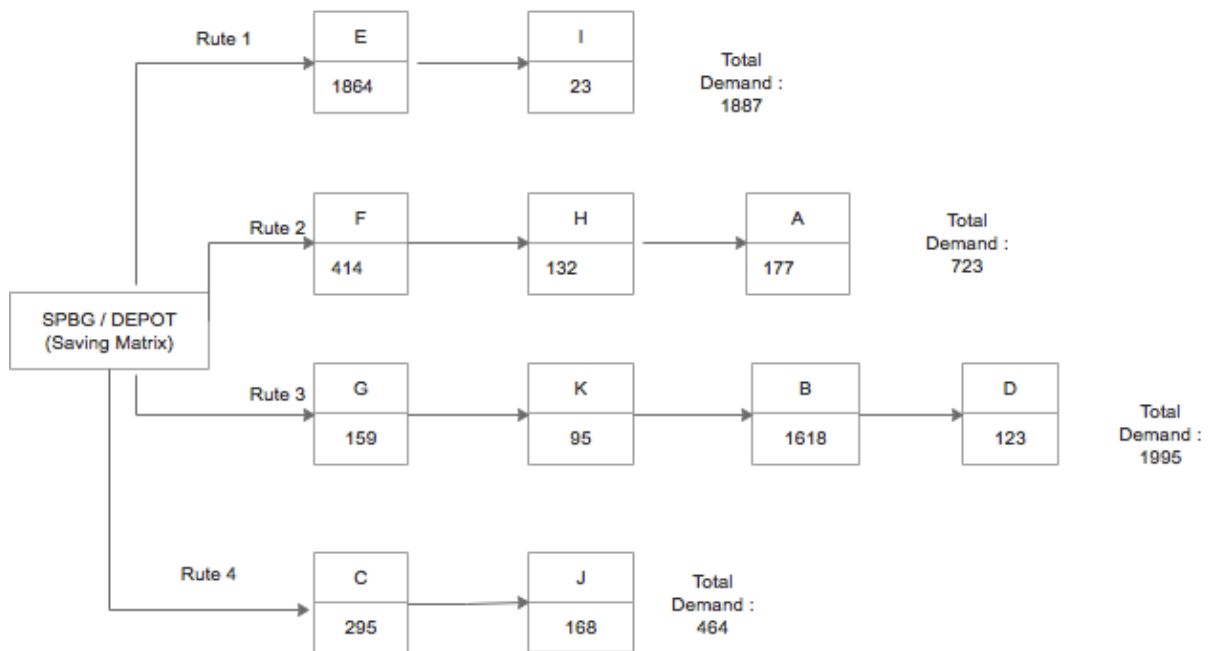
Setelah di lakukan pengoptimalan rute mampu menghematkan biaya konsumsi kendaraan untuk distribusi sebesar 3% , hal tersebut tentunya masih dinilai dari konsumsi , namun penggunaan armada juga akan berpengaruh terhadap biaya operasional distribusi perusahaan.

Operasional distribusi perusahaan selama ini mengalami kenaikan setiap ada penambahan konsumen / permintaan hal ini di karenakan tidak ada teknik pengelolaan armada, harga sewa perbulan dapat mencapai Rp. 7.000.000 belum dengan konsumsi BBM , dengan Mengoptimasi kebutuhan dan pengiriman Armada setiap rute kebutuhan.

Tabel 5.1 Harga Sewa GTM

Tipe Kendaraan	Konsumsi BBM	Harga Sewa
1000	10	Rp7.000.000
450	20	Rp3.500.000

5.2 Pemilihan Armada / Fleet



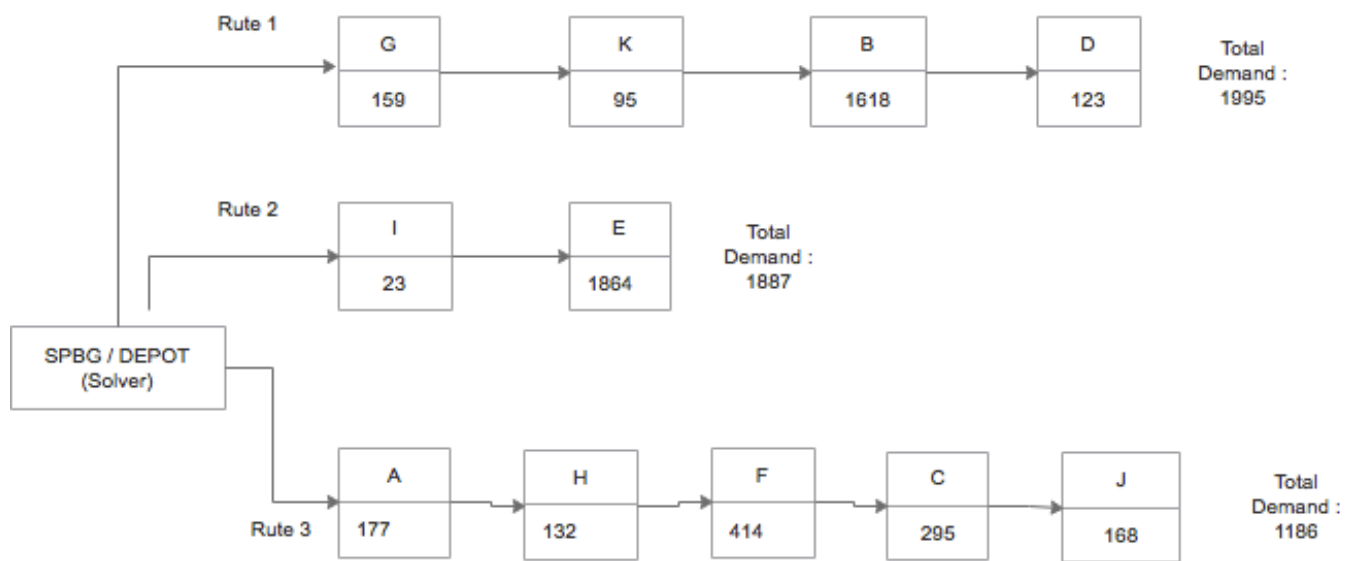
Gambar 5.1 Hasil Pemilihan Rute Pengolahan Data

Dari hasil di atas dapat kita lihat hasil pengolahan rute dengan saving matrix mendapatkan hasil kombinasi dari pemilihan dan penggunaan armada GTM

Tabel 5.2 Rute Hasil *Saving Matrix*

RUTE	NODE	DEMAND	ARMADA	HARGA SEWA
1	E - I	1995 m ³	2 Truk 10 ft	Rp 14.000.000
2	F - H - A	723 m ³	2 Truk 5 ft	Rp 7.000.000
3	G - K - B - D	1995 m ³	2 Truk 10 ft	Rp 14.000.000
4	C - J	464 m ³	1 Truk 5 ft	Rp 3.500.000
TOTAL				Rp 38.500.000

sehingga Armada yang digunakan adalah 4 Truk 10 ft yang mana 10 ft mewakili 1000 m³ dan 3 Truk berukuran 5 ft mewakili 450 m³ Kendaraan menggunakan



Gambar 5.2 Hasil Pemilihan Rute Solver

Adapun hasil pemilihan rute berdasarkan solver yang mana hasilnya dapat dilihat pada gambar diatas , yang membedakan antara sebelumnya adalah rute yang di hasilkan dari pengolahan adalah 3 Rute

Tabel 5.3 Rute Hasil *Solver*

RUTE	NODE	DEMAND	ARMADA	HARGA SEWA
1	G - K - B - D	1995 m ³	2 Truk 10 ft	Rp 14.000.000
2	I - E	1887 m ³	2 Truk 10 ft	Rp 14.000.000
3	A - H - F - C - J	1186 m ³	2 Truk 10 ft	Rp 14.000.000
TOTAL				Rp 42.000.000

Hasil dari keduanya berbeda pada pemilihan Rute di karenakan Input dari kapasitas maksimum harus lebih besar dari Permintaan sehingga apabila memasukkan kapasitas kecil maka solver tidak dapat memproses data yang di masukkan , penggunaan jenis Truk berukuran 10 ft Sebanyak 4 Buah dari hasil pemrosesan data pada Solver , dari tingkat keekonomisannya , dari harga sewa Sebuah Truk.

Perbedaan biaya sewa kendaraan adalah salah satu faktor penghematan dari sisi keekonomisan dari biaya operasional yang mana akan berpengaruh dalam harga jual yang bersaing

Tabel 5.4 Selisih Harga

Saving Matrix	Solver
Rp38.500.000	Rp42.000.000

Dari hasil perhitungan pemilihan armada didapatkan selisih biaya antara Saving Matrix dan Solver menghasilkan selisih sebesar Rp. 3.500.000 pemilihan armada dari Saving Matrix diikuti dengan penghematan Biaya Operasional dari Konsumsi Bahan Bakar.

$$\frac{Rp. 42.000.000}{Rp. 3.500.000} \times 100\% = 8,3 \%$$

Sebelum adanya penghematan pada penentuan rute dan armada , utilitas dari GTM sangat kurang sehingga biaya operasional untuk melayani semua konsumen memerlukan biaya yang sangat besar , biaya yang di gunakan untuk operasional akan sanagat berpengaruh terhadap daya saing perusahaan khususnya di harga jual, setiap penambahan konsumen maka akan menyewa kendaraan atau berinvestasi untuk hal tersebut , pada penelitan ini perusahaan mempunyai konsumen sebanyak 11 Pabrik atau Konsumen , maka biaya yang di keluarkan untuk menyewa GTM yaitu

$$Rp. 7.000.000 \times 11 \text{ (Konsumen)} = Rp. 77.000.000$$

Secara umum menggunakan kapasitas besar untuk memukul rata pada konsumen , contoh perhitungan di atas belum termasuk dengan Biaya BBM untuk setiap kendaraannya, yang semula Rp. 77.000.000 pengeluaran sewa perbulan menjadi Rp. 38.500.000 sehingga hasil penelitian pada perusahaan sangat signifikan yaitu sampai dengan 50% menggunakan *Saving Matrix* , dan Penghematan dengan solver menghasilkan sewa perbulan Rp. 42.000.000 menghasilkan penghematan sebesar 45%

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil dari penelitian, Efisiensi yang penghematan yang dilakukan dengan *Saving Matrix* beserta *Nearest Neighbor* dapat menghasilkan penghematan dalam Konsumsi BBM operasional Armada , pada hasil diatas menunjukkan Efisiensi mampu mendapatkan Penghematan Sebesar 3% dan selisih Pemilihan Jenis dan kombinasi dari armada terdapat selisih sebesar Rp. 3.500.000 Namun Tidak menuntut kemungkinan efisiensi dengan cara dan metode Lainnya juga akan mendapatkan efisiensi yang lebih.
2. Alternatif Pemilihan untuk kendaraan operasional berdasarkan Permintaan konsumen dan jarak distribusi dari satu titik ke titik lain selisih menghasilkan selisih 8% untuk hasil kombinasi pemilihan jenis armada dan pembagian Demand.

4.2 Saran Penelitian

Hasil Analisa kendaraan ketidak efisienan pada unit distribusi di PT. XXX salah satunya di karenakan pengaturan Distribusi terhadap Demand serta Pemilihan Armada yang di gunakan beserta kombinasinya adapun penggunaan dari Metode yang selama ini belum di terapkan mengingat keterbatasan Sumber Daya Manusia yang mengelolah serta Fluktuasi dari permintaan konsumen yang mungkin perlu di cari solusinya. Perbedaan hasil dari kedua cara pengolahan data masih banyak kekurangan yaitu dalam hal metode yang mana memperhitungkan kecepatan rata – rata , waktu istirahat , pemilihan jalan alternatif pada kemacetan dan apabila memungkinkan pengambilan BBG bisa dari sumber lain atau tidak pada 1 SPBG saja , melainkan mampu memilih sumber terdekat agar lebih efisien agar bisa meningkatkan daya saing perusahaan.

Daftar Pustaka

- Alhamad, R.M. (2015). Perancangan Rute Pengiriman BBM di Depo Balongan dengan menggunakan Metode Vehicle Routing Problem. Gresik: Thesis Universitas Muhammadiyah Gresik
- Arvianto, A. ,Setiawan, A.H , Septiadi, S. (2014). Model Vehicle Routing Problem dengan Karakteristik Rute Majemuk, Multiple Time Windows, Multiple Products dan Heterogeneous Fleet untuk Depot Tunggal. Jurnal Teknik Industri
- Ballou, R.H. (2003). Bussiness Logistics / Supply Chain Management Fifth Edition . Pearson / Prentice Hall
- Bowersox, J.D, Closs, J.D. (1996). Logistical Management : The Integrated Supply Chain Process. New York : McGraw-Hill
- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. (2017). Outlook Energi Indonesia
- Clarke, G , Wright, J.W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number of Delivery Points, Operations Research, Vol. 12, No. 4, (July-August 1974) pp. 568- 581.
- Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2013). Kajian Substitusi Gas dengan Energi Lain pada Sektor Industri. Pusat Data dan Teknologi Informasi Energi dan Sumber Daya Mineral Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Sari, D.P. (2010). Optimasi Distribusi Gula Merah pada UD Sari Bumi Raya Menggunakan Model Transportasi dan Metode Least Cost. Semarang: Skripsi Sistem Informasi Universitas Dian Nuswantoro
- Juniarto, S.D, Martiana, E, Fariza, A, Prasetyaningrum, I. Optimasi Distribusi Barang Berdasarkan Rute dan Daya Tampung Menggunakan Metode Simulated Annealing. Surabaya: Teknik Informasi PENS ITS Surabaya

Fudhla, A.F, Rahman, A. (2010). Pengembangan Model Matematis untuk Penjadwalan Rute Kendaraan Cross Docking Dalam Rantai Pasok Dengan Mempertimbangkan Batasan Kelas Jalan dan Kendaraan Yang Heterogen