



TUGAS AKHIR – TI 184833

PENENTUAN *COVERAGE AREA*, RUTE DISTRIBUSI, DAN KEBUTUHAN *SKID TANK* PADA DISTRIBUSI GAS ELPIJI PT. PERTAMINA (PERSERO) MOR III

JIHAN FIRKA MAHIRAH

NRP 02411640000034

DOSEN PEMBIMBING:

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2020



TUGAS AKHIR – TI 184833

PENENTUAN *COVERAGE AREA*, RUTE DISTRIBUSI, DAN KEBUTUHAN *SKID TANK* PADA DISTRIBUSI GAS ELPIJI PT. PERTAMINA (PERSERO) MOR III

JIHAN FIRKA MAHIRAH

NRP 02411640000034

Dosen Pembimbing:

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM DAN INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA SISTEM
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA

2020



FINAL PROJECT – TI 184833

**DETERMINE THE COVERAGE AREA, DISTRIBUTION ROUTE, AND SKID TANK NEEDED
IN LPG DISTRIBUTION OF PT. PERTAMINA (PERSERO) MOR III**

JIHAN FIRKA MAHIRAH

NRP 02411640000034

Supervisor:

Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 197912292008121003

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL AND SYSTEMS ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY AND SYSTEMS ENGINEERING
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2020

LEMBAR PENGESAHAN

PENENTUAN *COVERAGE AREA*, RUTE DISTRIBUSI, DAN KEBUTUHAN *SKID TANK* PADA DISTRIBUSI GAS ELPIJI PT. PERTAMINA (PERSERO) MOR III

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Sistem dan Industri
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh:

JIHAN FIRKA MAHIRAH

NRP: 02411640000034

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:



Dody Hartanto, S.T., M.T.

NIP. 19791229 200812 1003



SURABAYA, AGUSTUS 2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENENTUAN *COVERAGE AREA*, RUTE DISTRIBUSI, DAN KEBUTUHAN *SKID TANK* PADA DISTRIBUSI GAS ELPIJI PT. PERTAMINA (PERSERO) MOR III

Nama Mahasiswa : Jihan Firka Mahirah
NRP : 02411640000034
Pembimbing : Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRAK

Konsumsi *LPG* yang terus meningkat setiap tahunnya, sejalan dengan terus bertambahnya volume penjualan gas di PT. Pertamina (Persero) MOR III. Salah satu proses transportasi yang dilakukan Pertamina adalah pemindahan *LPG* rumah tangga dari 5 Terminal *LPG Pressurized/Depot* ke 199 SPPBE dan SPBE (Stasiun Pengisian). Saat ini, rute penyaluran *LPG* dengan *skid tank* masih dirasa kurang efisien, akibat metode *clustering* yang digunakan masih dengan metode *heuristic* dan alokasi penggunaan *skid tank* yang kurang terorganisir membuat adanya *skid tank* yang utilitasnya rendah. Mengingat *LPG* dikonsumsi oleh berbagai kalangan dari kelas ekonomi yang berbeda, maka untuk menekan harga jual *LPG* dan subsidi yang dikeluarkan oleh pemerintah, diusahakan agar harga *LPG* dapat semurah mungkin, salah satunya adalah dengan menekan biaya transportasi. Maka untuk menekan biaya transportasi distribusi *LPG* rumah tangga, akan dilakukan penentuan *cluster* dengan metode model transportasi, kemudian dilakukan simulasi *monte carlo* untuk mendapatkan permintaan harian yang akan digunakan sebagai *input* pada model VRP pada VBA Excel Macro untuk menentukan rute, penjadwalan, dan jumlah *skid tank* yang digunakan per harinya. Kemudian untuk mengatasi *skid tank* yang utilitasnya rendah, akan dilakukan kebijakan *sharing skid tank* dan perhitungan *skid tank* yang seharusnya disediakan. Keuntungan yang didapatkan dari rancangan perbaikan yang ada, yaitu jumlah *skid tank* yang dibutuhkan menjadi berkurang, sehingga dapat meminimalkan biaya investasi. Serta utilitas *skid tank* menjadi meningkat dan total biaya transportasi dalam setahun menurun. Maka rancangan *cluster* baru (*regular* dan *alternative cluster*) dapat dijadikan pertimbangan oleh perusahaan dalam mendistribusikan *LPG* dari Depot ke Stasiun Pengisian di Area MOR III.

Kata Kunci: *clustering*, model transportasi, *routing*, simulasi *monte carlo*, *vehicle routing problem*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DETERMINE THE COVERAGE AREA, DISTRIBUTION ROUTE, AND SKID TANK NEEDED IN LPG DISTRIBUTION OF PT. PERTAMINA (PERSERO) MOR III

Student Name : Jihan Firka Mahirah
Student ID : 02411640000034
Supervisor : Dody Hartanto, S.T., M.T.

ABSTRACT

Due to the increase of LPG consumption every year, which is in line with the increase of the gas sales volume at PT. Pertamina (Persero) MOR III. One of Pertamina's transportation processes is moving LPG from 5 LPG Pressurized Terminals/Depots to 199 SPPBE and SPBE (Filling Stations). Currently, LPG distribution routes with skid tanks are still considered to be less efficient, due to the clustering activity that is used heuristic method and the unorganized allocation of skid tanks that makes many skid tanks are underutilized. Considering that LPG is consumed by various economic classes, then to reduce the selling price of LPG and subsidies issued by the government, the price of LPG needs to be as cheap as possible, one of the solutions is by reducing the transportation costs. To reduce the transportation costs for LPG distribution, first determination the clusters by ran the transportation model, then do a Monte Carlo simulation to generate daily demand that will be used as input to the VRP model on VBA Excel Macro, which to determine the route, scheduling, and the number of skid tanks used per day. Then to solve the underutilize skid tanks, need to apply skid tank sharing policy and calculate the number of skid tank should be provided. The benefits obtained from the improvement are the number of skid tanks needed is reduced, then it will minimize the investment cost. And the utility of the skid tanks is increased, and also total transportation cost in a year has decreased. So, the new cluster design (regular dan alternative cluster) can be taken into consideration by the company in distribution LPG from Depot to the Filling Stations in MOR III.

Keywords: clustering, routing, transportation model, Monte Carlo simulation, Vehicle Routing Problem.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena atas rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan sebaik-baiknya sebagai syarat untuk menyelesaikan studi S-1 pada Departemen Teknik Sistem dan Industri, Fakultas Teknologi dan Sistem Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Laporan Tugas Akhir ini memiliki judul “Penentuan *Coverage Area*, Rute Distribusi, dan Kebutuhan *Skid Tank* pada Distribusi Gas Elpiji PT. Pertamina (Persero) MOR III”. Pada penyusunan dan pelaksanaan Tugas Akhir ini, penulis memperoleh bantuan serta dukungan dari banyak pihak. Oleh karena itu penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dody Hartanto, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing yang senantiasa memberi bimbingan, arahan, nasihat, dan motivasi selama penyelesaian Tugas Akhir ini dengan tepat waktu.
2. Bapak Dwi, Bapak Sahlani, Bapak Taufan, Bapak Zainal, Bapak Sori, Bapak Revi, Bapak Rouf, Bapak Martha, dan *team* selaku organik di PT. Pertamina (Persero) MOR III dan Terminal *LPG Pressurized* Tanjung Priuk yang telah memberikan pengetahuan, arahan, bimbingan, dan motivasi bagi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
3. Prof. I Nyoman Pujawan, Ph.D., Bapak Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T., Ibu Niken Anggraini Safitri, S.T, M.T., dan Ibu Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T., selaku dosen penguji yang telah memberikan banyak masukan dalam melaksanakan seminar proposal dan sidang tugas akhir ini sehingga penelitian dapat menjadi lebih baik.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., M.S.I.E., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS Surabaya, Ibu Nani Kurniati, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS, dan Bapak Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T., selaku Ketua Prodi Departemen Teknik Sistem dan Industri ITS Surabaya.

5. Ibu Niniet Indah Arvitrida, S.T., M.T., Ph.D selaku Kepala Laboratorium dan seluruh dosen Laboratorium Logistics and *Supply Chain Management* (LSCM) yang telah membimbing dan mendukung penulis selama menjadi mahasiswa di Teknik Sistem dan Industri ITS.
6. Orang tua dan keluarga yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, serta dukungan baik secara materi dan juga moral dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
7. Teman-teman Asisten Laboratorium LSCM, IE Fair HMTI ITS, dan angkatan TI 32 yang telah mendukung penulis.
8. Serta masih banyak pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas bantuan dan doanya.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan pada Tugas Akhir ini. Untuk itu penulis memohon maaf atas segala kekurangan tersebut. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun dari pembaca sangat dibutuhkan untuk penyempurnaan penelitian ini kedepannya. Semoga penelitian ini dapat bermanfaat dan menambah wawasan kepada pembaca.

Surabaya, 2 Agustus 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR TABEL	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	7
1.5.1 Batasan.....	7
1.5.2 Asumsi	7
1.6 Sistematika Penulisan.....	8
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	11
2.1 Manajemen Distribusi dan Transportasi.....	11
2.2 Manajemen Persediaan.....	12
2.3 <i>Resource Sharing</i>	13
2.4 <i>Haversine Formula</i>	13
2.5 VRP (<i>Vehicle Routing Problem</i>).....	14
2.5.1 CVRP (Capacitated Vehicle Routing Problem).....	14
2.5.2 VRPTW (Vehicle Routing Problem with Time window)	15
2.5.3 HFVRP (Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem).....	15
2.5.4 SDVRP (Split Delivery Vehicle Routing Problem).....	15
2.6 <i>Cluster First, Routing Second</i>	15
2.7 <i>Nearest Neighbor Heuristic Algorithm</i>	16

2.8	Model Transportasi	17
2.9	<i>Integer Programming</i>	18
2.10	<i>Visual Basic for Application (VBA)</i>	19
2.11	<i>Monte Carlo Simulation</i>	19
2.12	Penelitian Terdahulu.....	21
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		23
3.1	Studi Pendahuluan.....	25
3.2	Pengumpulan Data	25
3.3	Pengolahan Data.....	26
3.3.1	Pembuatan Database pada Microsoft Excel.....	26
3.3.2	Perhitungan Jarak Antar Stasiun Pengisian dan Depot	26
3.3.3	Pembuatan Model Transportasi.....	27
3.3.4	Verifikasi dan Validasi Model Transportasi	27
3.3.5	Running Model Transportasi	27
3.3.6	Generate Data Permintaan Harian.....	29
3.3.6.1	Pembuatan Model <i>Monte Carlo</i>	30
3.3.6.2	Replikasi pada Model <i>Monte Carlo</i>	30
3.3.6.3	Validasi Model <i>Monte Carlo</i>	30
3.3.7	Pembuatan Model VRP untuk Routing	30
3.3.8	Verifikasi dan Validasi Model VRP	31
3.3.9	Running Model VRP	31
3.4	Tahap Analisis dan Interpretasi data	32
3.4.1	Analisis dan Interpretasi Hasil	32
3.4.2	Analisis Sensitivitas.....	32
3.5	Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran	32
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA		33

4.1	Pengumpulan Data	33
4.1.1	Deskripsi Perusahaan.....	33
4.1.2	Alur Distribusi LPG Rumah Tangga.....	34
4.1.3	Data Kapasitas Depot	36
4.1.4	Data Kelas Jalan	36
4.1.5	Data Permintaan Stasiun Pengisian.....	37
4.1.6	Data Perhitungan Biaya Transportasi LPG Rumah Tangga	38
4.2	Pengolahan Data	38
4.2.1	Pembuatan Database pada Microsoft Excel.....	39
4.2.1.1	Penggabungan Informasi.....	39
4.2.1.2	Perhitungan Jarak antara Stasiun Pengisian dan Depot	39
4.2.2	Pembuatan Cluster.....	42
4.2.2.1	Pembuatan Model Transportasi pada LINGO.....	42
4.2.2.2	Verifikasi dan Validasi Model Transportasi	44
4.2.3	Pembuatan Regular dan Alternative Cluster.....	46
4.2.4	Generate Data Permintaan Harian.....	46
4.2.4.1	<i>Fitting</i> Distribusi Permintaan Harian.....	47
4.2.4.2	Perhitungan Replikasi pada Model <i>Monte Carlo</i>	49
4.2.4.3	Validasi Model <i>Monte Carlo</i>	50
4.2.5	Pembuatan Decision Support System.....	51
4.2.5.1	Model Konseptual.....	51
4.2.5.2	Algoritma Model VRP pada <i>Decision Support System</i>	53
4.2.5.3	Verifikasi dan Validasi Model VRP pada VBA.....	57
4.2.5.4	<i>Interface Decision Support System</i> pada VBA.....	60
4.2.5	Running Model VRP pada VBA.....	63
BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA.....		65

5.1	Analisis Hasil R&A <i>Cluster</i>	65
5.2	Analisis Hasil <i>Running Decision Support System</i>	68
5.3	Analisis Sensitivitas	73
5.3.1	Analisis Sensitivitas Kecepatan Skid Tank	73
5.3.1.1	Analisis Sensitivitas Kecepatan <i>Skid Tank</i> 30 Km/Jam.....	73
5.3.1.2	Analisis Sensitivitas Kecepatan <i>Skid Tank</i> 20 Km/Jam.....	76
5.3.2	Analisis Sensitivitas Kenaikan Permintaan	78
5.3.2.1	Analisis Sensitivitas Kenaikan pada Tahun Kedua	78
5.3.2.2	Analisis Sensitivitas Kenaikan Permintaan pada Tahun Keenam .	81
5.4	Analisis Perbandingan Hasil Sensitivitas dan Keadaan Normal.....	84
5.4.1	Analisis Perbandingan Kondisi Kecepatan Skid Tank 20 dan 30 Km/Jam dengan Kecepatan Normal (40 Km/Jam)	84
5.4.2	Analisis Perbandingan Kondisi Permintaan Tahun Pertama dengan Tahun Kedua dan Keenam.....	87
5.4.3	Analisis Perbandingan Perubahan Permintaan dan Kecepatan Skid Tank.....	90
5.5	Perbandingan Kondisi Saat Ini dengan Kondisi Perbaikan	92
5.6	Analisis Keterbatasan <i>Decision Support System</i>	95
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		99
6.1	Kesimpulan	99
6.2	Saran.....	100
DAFTAR PUSTAKA.....		101
LAMPIRAN A		105
LAMPIRAN B.....		107
LAMPIRAN C		109
LAMPIRAN D		112

LAMPIRAN E.....	118
BIOGRAFI PENULIS	123

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Grafik Konsumsi <i>LPG</i>	1
Gambar 1. 2 Grafik Penjualan <i>LPG</i> PT. Pertamina.....	2
Gambar 1. 3 Biaya Logistik Terhadap PDB di Asia.....	3
Gambar 1. 4 Kondisi Saat Ini	5
Gambar 2. 1 Representasi Model Transportasi dengan Nodes dan Arcs.....	17
Gambar 2. 2 Tahap Simulasi <i>Monte Carlo</i>	20
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	23
Gambar 3. 2 Kapasitas Supply Real	28
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Model Transportasi.....	29
Gambar 4. 1 Alur Distribusi <i>LPG</i>	35
Gambar 4. 2 Tampilan Halaman <i>Input Data Haversine Formula</i>	40
Gambar 4. 3 Tampilan Halaman Hasil Matriks Jarak.....	40
Gambar 4. 4 Tampilan <i>Coding</i> Model pada LINGO	44
Gambar 4. 5 Hasil <i>Debug</i> Model Transportasi.....	45
Gambar 4. 6 Tampilan Halaman <i>Input</i> dan <i>Output</i> Model Transportasi	45
Gambar 4. 7 Contoh Hasil Fitting Distribusi pada G25E	48
Gambar 4. 8 Model Konseptual.....	52
Gambar 4. 9 Tampilan Halaman <i>Coding</i> VBA	53
Gambar 4. 10 <i>Flowchart</i> Pembuatan Rute pada VBA.....	55
Gambar 4. 11 <i>Flowchart</i> Perhitungan Jumlah <i>Skid tank</i> (Per Hari) di VBA.....	56
Gambar 4. 12 <i>Input</i> Data Secara Manual	57
Gambar 4. 13 Penggunaan Matriks Jarak Secara Manual.....	57
Gambar 4. 14 Pembuatan Rute Secara Manual	58
Gambar 4. 15 Pembuatan <i>Leveling</i> Rute Secara Manual.....	59
Gambar 4. 16 Report Hasil Secara Manual.....	59
Gambar 4. 17 Tampilan Halaman Selamat Datang	60
Gambar 4. 18 Tampilan Halaman <i>Guideline</i>	61
Gambar 4. 19 Tampilan Halaman <i>Input Data</i>	61
Gambar 4. 20 Tampilan Halaman <i>Distance Matrix</i>	62
Gambar 4. 21 Tampilan Halaman Hasil <i>Routing</i>	62

Gambar 4. 22 Tampilan Halaman Hasil <i>Leveling Routing</i>	63
Gambar 4. 23 Tampilan Halaman <i>Final Report</i>	63
Gambar 5. 1 Perbandingan Kebutuhan <i>Skid Tank</i> dengan Parameter Kecepatan .	84
Gambar 5. 2 Perbandingan Kebutuhan <i>Skid Tank</i> dengan Parameter Permintaan	87
Gambar 5. 3 Perbandingan Kebutuhan <i>Skid Tank</i> dengan Parameter Sensitivitas Kecepatan dan Permintaan	91
Gambar 5. 4 Perbandingan Persentase Jumlah <i>Skid Tank</i> Berdasarkan Tingkat Utilitasnya	94

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Perbandingan SPBE dan SPPBE.....	3
Tabel 1. 2 Perbandingan Perhitungan Biaya Transportasi.....	4
Tabel 1. 3 Utilitas <i>Skid Tank</i> Saat Ini	4
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu.....	22
Tabel 4. 1 List Terminal LPG Pressurized.....	34
Tabel 4. 2 Produk PT. Pertamina (Persero).....	34
Tabel 4. 3 Kapasitas Depot	36
Tabel 4. 4 Permintaan Stasiun Pengisian	37
Tabel 4. 5 Perhitungan Biaya Transportasi	38
Tabel 4. 6 Matriks Jarak.....	41
Tabel 4. 7 Contoh Fitting Distribusi secara Empiris pada G24A.....	48
Tabel 5. 1 Perbandingan Alokasi <i>Cluster</i> saat ini dan <i>Regular Cluster</i>	66
Tabel 5. 2 Jumlah Alternatif Pemandangan pada <i>Alternative Cluster</i>	67
Tabel 5. 3 Jumlah <i>Skid Tank</i> yang Dibutuhkan MOR III	69
Tabel 5. 4 Jumlah <i>Skid Tank</i> yang Dibutuhkan Setiap <i>Cluster</i> -nya	70
Tabel 5. 5 Jumlah <i>Skid Tank</i> Saat Ini.....	71
Tabel 5. 6 Selisih Jumlah <i>Skid Tank</i> Saat Ini dan <i>Skid Tank</i> yang Dibutuhkan....	71
Tabel 5. 7 Selisih Jumlah <i>Skid Tank</i> yang Dibutuhkan dengan Kebutuhan Rata-Rata	72
Tabel 5. 8 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 30 Km/Jam	74
Tabel 5. 9 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 30 Km/Jam di Setiap <i>Cluster</i>	75
Tabel 5. 10 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 20 Km/Jam	76
Tabel 5. 11 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 20 Km/Jam di Setiap <i>Cluster</i>	77
Tabel 5. 12 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 2 .	79
Tabel 5. 13 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 2 di Setiap <i>Cluster</i>	80

Tabel 5. 14 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 6..	81
Tabel 5. 15 Perbandingan Jumlah <i>Skid Tank</i> Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 6 di Setiap <i>Cluster</i>	82
Tabel 5. 16 Perbandingan Kebutuhan <i>Skid Tank</i> dengan Parameter Kecepatan ...	85
Tabel 5. 17 Perbandingan Kebutuhan <i>Skid Tank</i> dengan Parameter Kecepatan pada Setiap <i>Cluster</i>	86
Tabel 5. 18 Perbandingan Kebutuhan <i>Skid Tank</i> dengan Parameter Permintaan..	88
Tabel 5. 19 Perbandingan Kebutuhan <i>Skid Tank</i> dengan Parameter Permintaan pada Setiap <i>Cluster</i>	89
Tabel 5. 20 Perbandingan Utilitas dan Jumlah <i>Skid Tank</i> pada Kondisi Saat Ini dan Perbaikan	93
Tabel 5. 21 Perbandingan Jumlah <i>skid Tank</i> dan Biaya Transportasi pada Kondisi Saat Ini dan Perbaikan.....	94

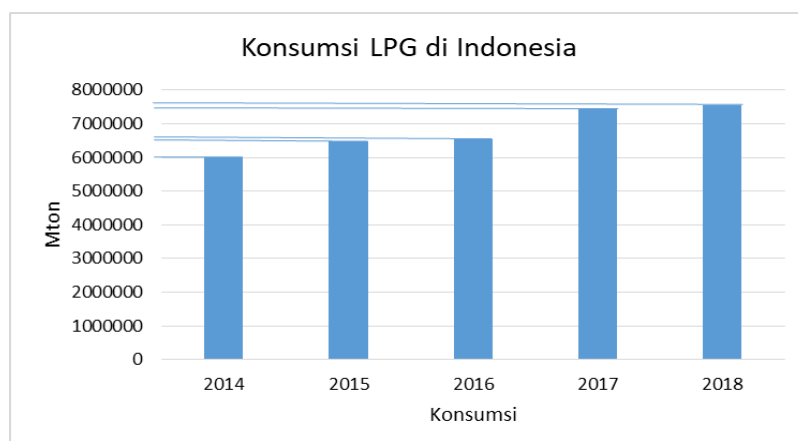
BAB I

PENDAHULUAN

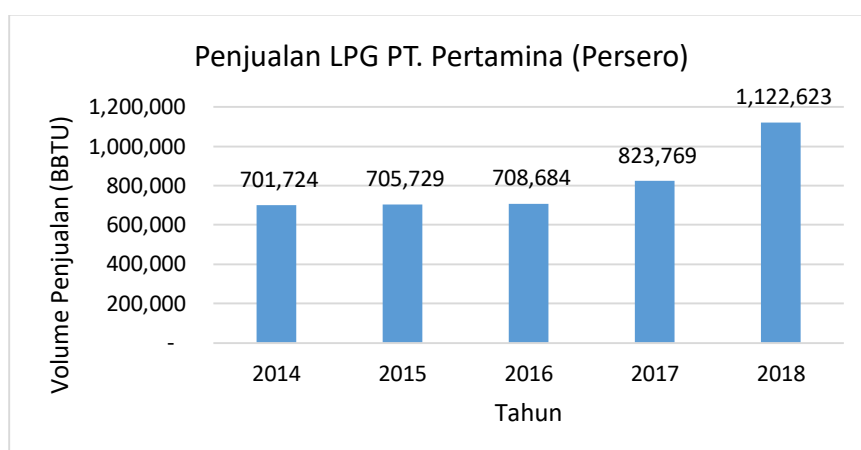
Pada bab pendahuluan akan dijelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan, manfaat, dan ruang lingkup penelitian guna mengidentifikasi permasalahan yang menjadi dasar dilakukannya penelitian ini. Serta sistematika penulisan agar dapat memberikan gambaran mengenai laporan penelitian ini.

1.1 Latar Belakang

Energi merupakan kebutuhan yang vital, hingga saat ini, di Indonesia konsumsi energi masih didominasi oleh energi fosil dalam bentuk minyak bumi, gas bumi, dan batu bara. Salah satu produk energi yang vital adalah *LPG* rumah tangga. Menurut Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (Ditjen Migas ESDM, 2019), konsumsi gas di Indonesia terus meningkat setiap tahunnya sejak tahun 2014. Hal tersebut sejalan dengan terus bertambahnya volume penjualan gas di PT. Pertamina (Persero). Pertamina membagi area pemasarannya menjadi 8 area Marketing Operational Region (MOR), dan MOR III yang membawahi wilayah DKI Jakarta, Jawa Barat, dan Banten memiliki permintaan paling tinggi dibandingkan dengan MOR lainnya, hal ini disebabkan oleh jumlah penduduk dan tingkat perekonomian daerah di area MOR III tinggi.



Gambar 1. 1 Grafik Konsumsi *LPG*
Sumber: Ditjen Migas, 2019



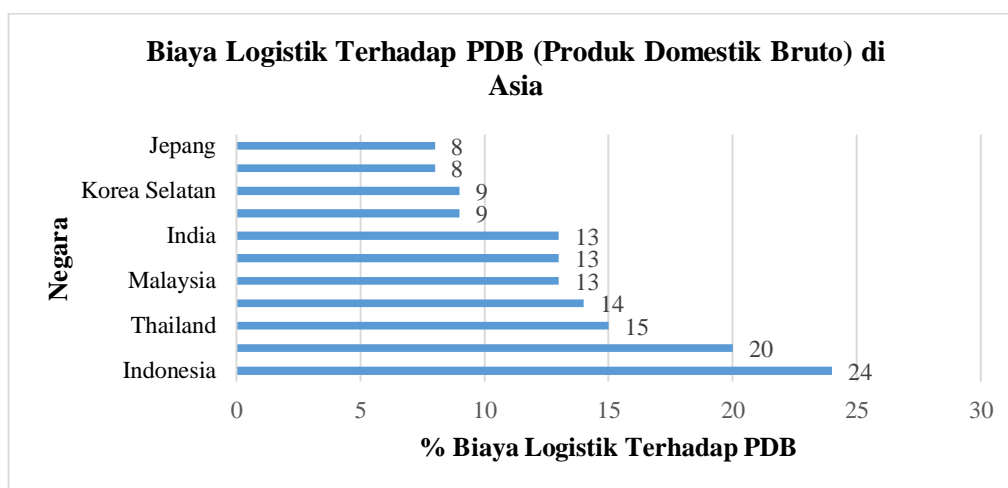
Gambar 1. 2 Grafik Penjualan *LPG* PT. Pertamina
 Sumber: Annual Report PT. Pertamina (Persero) 2018

MOR III memiliki 199 SPPBE/SPBE yang dipasok melalui empat Terminal *LPG Pressurized* (Depot) utama, yaitu Terminal *LPG* Tanjung Priok, Terminal *LPG* Balongan, Terminal *LPG* Tanjung Sekong, dan Terminal *LPG* Cirebon. Selain itu, MOR III juga mendapat bantuan *supply* oleh Terminal *LPG* Cilacap yang akan menyalurkan *LPG* ke daerah Tasikmalaya, Jawa Barat, guna membantu mempertahankan tingkat ketahanan stock di Terminal *LPG* lainnya, kemudian MOR III juga mendapat *supply point* tambahan oleh 2 kilang swasta, yaitu Kilang Pondok Tengah dan Kilang Cemara.

Departemen *Supply and Distribution* (S&D) MOR III memiliki tugas salah satunya yaitu mengatur alokasi SPBE/SPPBE untuk dapat mengambil *LPG* Rumah Tangga di *supply point* terpilih. Maka untuk mempermudah, perlu dilakukan *clustering*. *Clustering* dilakukan dengan mempertimbangkan permintaan, jarak, kapasitas *supply real* di setiap *supply point*. Setelah dilakukan *clustering*, proses pembuatan rute akan mempertimbangkan jarak, jam operasi, serta jenis dan jumlah armada yang akan digunakan.

Mengingat *LPG* dikonsumsi oleh berbagai kalangan dari kelas ekonomi yang berbeda, maka untuk menekan harga jual *LPG* dan subsidi yang dikeluarkan oleh pemerintah, diusahakan agar harga *LPG* dapat semurah mungkin, salah satunya adalah dengan menekan biaya transportasi. Karena berdasarkan Perta-Samtan Gas (2017), salah satu faktor yang menentukan harga *LPG* adalah biaya transportasi *LPG*. Menurut Frost dan Sullivan, persentase biaya logistik di

Indonesia terhadap PDB (Produk Domestik Bruto), merupakan yang tertinggi di Asia, yaitu 24% (Kata Data, 2019). Salah satu komponen biaya pada biaya logistik adalah biaya transportasi, menurut Zaroni (2015), kontribusi biaya transportasi pada biaya logistik tidak kurang dari 60% total biaya logistik.



Gambar 1. 3 Biaya Logistik Terhadap PDB di Asia
Sumber: Kata Data, 2019

Kemudian, pada kondisi saat ini, rute penyaluran *LPG* dengan *skid tank* masih dirasa kurang efisien, akibat metode *clustering* yang digunakan masih dengan metode *heuristic* dan alokasi penggunaan *skid tank* yang kurang terorganisir. Pada sistem saat ini, terdapat SPBE (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Elpiji) dan SPPBE (Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bahan Bakar Elpiji) yang memiliki perbedaan dari segi kepemilikan *skid tank* seperti berikut ini:

Tabel 1. 1 Perbandingan SPBE dan SPPBE

	SPPBE (P2)	SPBE (P1)
Kepanjangan	Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bahan Bakar Elpiji	Stasiun Pengisian Bahan Bakar Elpiji
Tugas	- Melakukan pengisian <i>LPG</i> ke tabung-tabung - Melakukan pengangkutan <i>LPG</i> dari <i>supply point</i> (Depot/kilang) menuju SPPBE	Melakukan pengisian <i>LPG</i> ke tabung-tabung
Kepemilikan <i>Skid tank</i>	Milik sendiri	Milik transportir (perusahaan penyedia jasa sewa <i>skid tank</i>) atau SPPBE

Pada Tabel 1.2 dijelaskan mengenai model perhitungan biaya transport yang ditagihkan kepada PT. Pertamina (Persero) dari SPPBE ataupun Transportir. Untuk model sewa kelola hanya diterapkan kepada transportir PT. Patra Niaga, anak perusahaan Pertamina yang berfokus pada bidang usaha sektor hilir industri minyak dan gas (MIGAS), dan salah satu tugasnya yaitu mengelola armada seperti *skid tank*. Biaya transportasi yang ditagihkan adalah perjalanan dari Terminal *LPG Pressurized* menuju SPBE/SPPBE dan *skid tank* dalam keadaan terisi bahan bakar yang akan diantar.

Tabel 1. 2 Perbandingan Perhitungan Biaya Transportasi

	TARIF	SEWA KELOLA
Formula	Km x MT x Rp. 1500*	Km x MT x Rp. 1200*
Keterangan	- Sudah termasuk biaya bensin dan supir - <i>Skid tank</i> milik transportir atau SPPBE	- Sudah termasuk biaya bensin dan supir - <i>Skid tank</i> milik transportir PT. Patra Niaga

*biaya yang dituliskan bukan merupakan biaya sebenarnya.

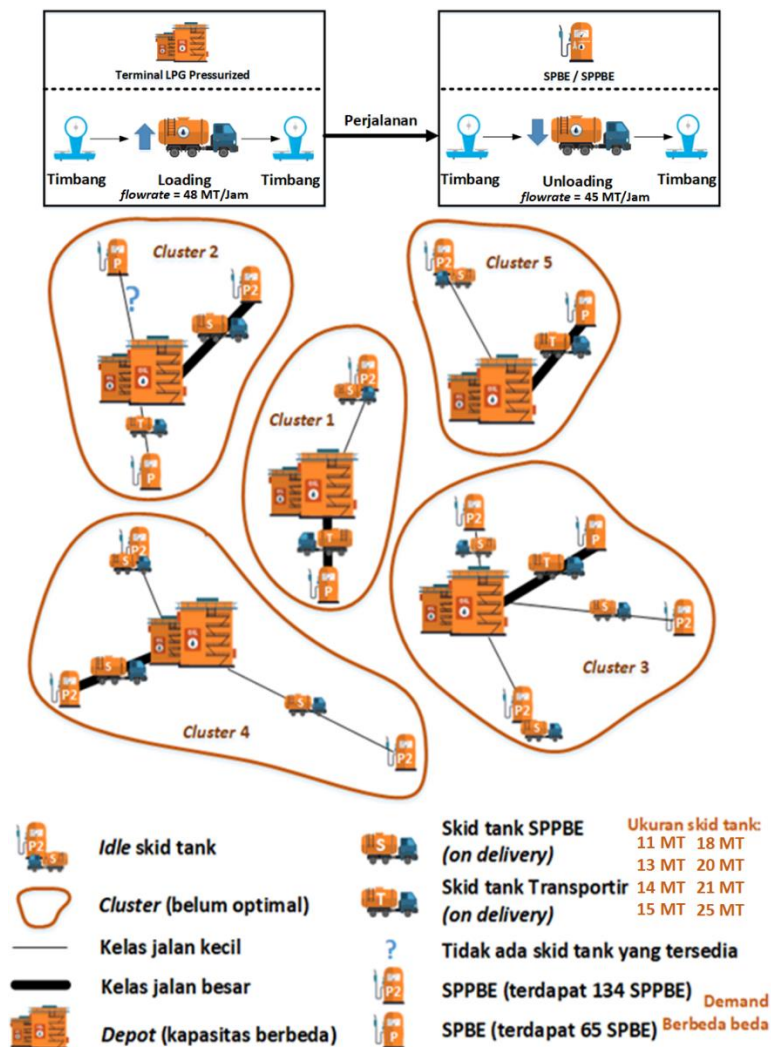
Pada Tabel 1.3 ditampilkan hasil perhitungan utilitas *skid tank* berdasarkan jam kerja dengan asumsi *flowrate loading* 48 MT/jam, *flowrate unloading* 45 MT/Jam, dan kecepatan *skid tank* 40 km/jam, karena kapasitas *skid tank* selalu penuh (*Full than Truck Load*) FTL, maka kapasitas tidak lagi relevan dalam perhitungan utilitas yang nantinya akan dibandingkan (Gusti, 2019), dan tujuan perhitungan ini untuk memperlihatkan perbedaan utilitas pada setiap *skid tank*, untuk menunjukkan *skid tank* dengan utilitas yang rendah.

Tabel 1. 3 Utilitas *Skid Tank* Saat Ini

Utilitas	>= 81%	80% - 51%	50% - 21%	<= 20%
Jumlah <i>Skid Tank</i>	151	318	184	136

Pada Tabel 1.3 ditampilkan utilitas *skid tank* saat ini dengan memilih hari disaat *skid tank* terkait memiliki utilitas tertinggi selama tahun 2019. Berdasarkan data pada Tabel 1.3 dan Gambar 1.4, diketahui bahwa beberapa SPPBE yang memiliki *skid tank* lebih dari satu, namun tidak seluruh *skid tank* beroperasi pada hari itu (*idle*) atau dapat melakukan lebih dari satu ritase dalam satu hari, namun

dalam kondisi saat ini tercatat bahwa terdapat SPPBE yang seharusnya bisa melakukan lebih dari satu ritase (perjalanan), tetapi SPPBE tersebut hanya melakukan satu ritase saja, sehingga *skid tank* tersebut menjadi *under utilize*. Sedangkan, transportir sering kali kesulitan dalam melayani seluruh SPBE yang ada akibat keterbatasan jumlah *skid tank* yang dimiliki transportir dan terdapat ukuran kelas jalan untuk menuju ke tiap SPBE atau SPPBE, sehingga tidak semua ukuran *skid tank* dapat melakukan pengiriman ke SPBE dan SPPBE terkait. Maka penerapan *sharing skid tank* antar transportir dan SPPBE akan menguntungkan ketiga pihak. Namun, hingga saat ini penerapan *sharing skid tank* belum berjalan dengan maksimal, karena belum ada peraturan yang mewajibkan dan sosialisasi mengenai keuntungan yang akan didapatkan oleh ketiga pihak tersebut.



Gambar 1. 4 Kondisi Saat Ini

Dengan demikian, penelitian ini akan membahas mengenai *clustering*, penentuan jumlah *skid tank*, penjadwalan dan penentuan rute dengan sistem *sharing skid tank* dan mempertimbangkan *time window* di tiap Terminal *LPG Pressurized* dan Stasiun Pengisian, kapasitas *supply* di Terminal *LPG Pressurized*, serta permintaan dari setiap Stasiun Pengisiannya. Oleh karena itu, digunakan permodelan optimasi untuk memodelkan sistem transportasi ini sebagai alat bantu pengambilan keputusan perusahaan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan subbab sebelumnya mengenai latar belakang, permasalahan yang menjadi pokok bahasan pada penelitian ini adalah bagaimana menentukan *cluster* Terminal *LPG Pressurized* dan SPBE/SPPBE, jumlah *skid tank*, penjadwalan dan penentuan rute yang optimal di MOR III dengan mempertimbangkan kebijakan *sharing skid tank*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini, yaitu:

1. Menentukan SPBE dan SPPBE yang dipasok oleh setiap Terminal *LPG Pressurized* sebagai alokasi distribusi
2. Menentukan rute distribusi dan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan pada setiap *cluster* per hari dengan *Decision Support System*
3. Menentukan jumlah penambahan *skid tank* yang diperlukan dan pihak yang akan memenuhi (SPPBE dan/atau Transportir) dengan skema *sharing skid tank*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dapat dicapai dari penelitian ini, yaitu:

1. Membantu menurunkan biaya transportasi *LPG* Rumah Tangga dengan rancangan *cluster* Terminal *LPG Pressurized* dan SPBE/SPPBE usulan yang telah menerapkan kebijakan *sharing skid tank*

2. Membantu menentukan penjadwalan dan penentuan rute pengiriman *LPG* Rumah Tangga dengan mempertimbangkan kebijakan *sharing skid tank*
3. Membantu menentukan jumlah *skid tank* yang diperlukan sebagai dasar kebijakan *sharing skid tank* antar SPPBE dan Transportir pada setiap *cluster*.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian ini ditentukan oleh batasan dan asumsi yang digunakan seperti berikut ini:

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Penelitian dilakukan pada MOR III, yang mencakup wilayah DKI Jakarta, Banten, dan Jawa Barat
2. Aktivitas yang diteliti adalah proses penyaluran *LPG* Rumah Tangga dari Terminal *LPG Pressurized* hingga ke SPBE dan SPPBE
3. *Supply point* yang diamati hanya 5 Terminal *LPG Pressurized*, sedangkan 2 kilang swasta diabaikan
4. SPBE dan SPPBE yang masuk ke dalam sistem hanya SPBE dan SPPBE yang aktif, yaitu berjumlah 197 dari 199.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini, yaitu:

1. Kecepatan *skid tank* adalah 40 km/jam
2. Waktu *loading* dapat dihitung dengan *flowrate* 48 MT/jam
3. Waktu *unloading* dapat dihitung dengan *flowrate* 45 MT/jam
4. Terdapat timbangan *skid tank* di setiap SPBE dan SPPBE
5. Sistem di seluruh Terminal *LPG Pressurized*, SPBE, SPPBE, dan armada yang digunakan selalu dapat bekerja dengan baik (tidak ada kerusakan, faktor cuaca, *loss* dan *gain* pada *LPG* diabaikan) serta sesuai prosedur.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada sub-bab ini akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian ini. Laporan terdiri dari enam bab, dan berikut ini merupakan penjelasan garis besar setiap babnya:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai hal-hal yang mendasar dilakukannya penelitian ini serta identifikasi masalah yang diangkat. Bab ini terdiri dari latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi, serta sistematika penulisan penelitian.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai informasi, landasan teori, metode, dan konsep-konsep yang dijadikan sebagai acuan dan referensi dalam melakukan penelitian ini.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan sebagai acuan untuk tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini, agar berjalan secara sistematis. Secara umum, metodologi penelitian ini terdiri dari studi pendahuluan mengenai identifikasi dan perumusan masalah, pengumpulan data, pengolahan data, analisis dan interpretasi data, serta penarikan kesimpulan dan saran.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab pengumpulan dan pengolahan data ini akan ditampilkan data-data kondisi saat ini yang telah dikumpulkan serta hasil pengolahan data sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan pada subbab sebelumnya.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab analisis dan interpretasi data ini akan dijelaskan mengenai percobaan numerik dan hasil dari implementasi model dan dilengkapi dengan analisis hasil implementasi model, yang bertujuan untuk menghasilkan perbaikan pada sistem saat ini.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari penelitian ini. Kesimpulan diperoleh dari hasil pengolahan dan interpretasi serta analisis data. Kemudian saran diperoleh dari hasil perbaikan yang diusulkan pada penelitian ini, sehingga diharapkan mampu memberi solusi dari permasalahan dan dijadikan sebagai pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka akan dijelaskan mengenai informasi, landasan teori, dan konsep-konsep dari studi literatur serta pengamatan lapangan yang selanjutnya akan digunakan sebagai dasar atau landasan dalam pengerjaan penelitian ini.

2.1 Manajemen Distribusi dan Transportasi

Manajemen Distribusi adalah kegiatan perantara antara proses produksi dan konsumsi oleh konsumen, yang didalamnya meliputi kegiatan seperti pengolahan informasi, penyimpanan produk, pengiriman, serta pelayanan kepada *customer* (Pujawan, 2010). Sedangkan transportasi adalah proses memindahkan produk dari lokasi produk tersebut di produksi, hingga ke lokasi produk tersebut akan digunakan. Hubungan antara manajemen distribusi dan manajemen transportasi cukup erat, karena manajemen transportasi mendukung proses manajemen distribusi.

Berikut ini merupakan lima dari tujuh fungsi dasar dari manajemen distribusi dan transportasi menurut Pujawan dan Mahendrawati (2010) yang berhubungan erat dengan penelitian ini:

1. Menentukan Mode Transportasi

Setiap mode transportasi memiliki karakteristik, kelebihan, dan kelemahan yang berbeda-beda. Sehingga pemilihan mode transportasi yang akan digunakan bergantung dengan situasi yang dihadapi.

2. Melakukan Konsolidasi Informasi dan Pengiriman

Untuk melakukan pengiriman yang cepat tetapi dengan biaya yang rendah, dapat didorong dengan cara melakukan konsolidasi informasi maupun pengiriman. Seperti mengonsolidasikan data permintaan seluruh *regional* untuk keperluan pembuatan jadwal pengiriman, serta menyatukan permintaan beberapa toko. Sehingga beban biaya per pelanggan dapat ditekan.

3. Melakukan Penjadwalan dan Penentuan Rute Pengiriman

Kegiatan operasional seperti menentukan waktu kendaraan harus berangkat dan rute yang harus dilalui untuk memenuhi permintaan pelanggan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi biaya transportasi. Jika terjadi kekurangtepatan dalam menentukan jadwal dan rute, dapat berimplikasi terhadap biaya pengiriman dan penyimpanan yang tinggi.

4. Memberikan Pelayanan Nilai Tambah

Sekarang jaringan distribusi juga dipercaya untuk melakukan proses nilai tambah seperti pengepakan (*packaging*), pelabelan, pemberian *barcode*, dan lainnya yang semula dilakukan oleh pabrik/*manufacture*. Hal ini dilakukan guna meningkatkan fleksibilitas produk.

5. Menyimpan Persediaan

Jaringan distribusi selalu melibatkan penyimpanan produk, baik di gudang, maupun di toko tempat produk akan dijual. Sehingga manajemen distribusi tidak bisa dilepaskan dari manajemen pergudangan.

Jaringan distribusi dan pemilihan mode transportasi yang tepat dapat digunakan untuk mencapai biaya transportasi yang rendah dan customer service level yang tinggi, sehingga manajemen distribusi dan transportasi yang efisien dapat meningkatkan daya saing perusahaan di pasar.

2.2 Manajemen Persediaan

Sistem pengelolaan persediaan merupakan sekumpulan kebijakan dan kontrol yang memantau level persediaan dan menentukan level mana yang harus dicapai, kapan stok seharusnya ditambah lagi, dan berapa besar pemesanannya (Chase, Jacobs, Aquilano, 2004). Tingkat persediaan juga mempengaruhi *customer service level*, yang dapat dinilai dari tingkat pemenuhan permintaan *customer* dengan tingkat persediaan saat itu.

Menurut Tersine (1994), manajemen persediaan berhubungan erat dengan pengambilan keputusan, baik dalam proses pembelian, distribusi, dan logistik. Sehingga, manajemen persediaan berperan dalam mengatur kapan harus melakukan pemesanan dan jumlah yang harus dipesan. Tujuan dari pengelolaan persediaan adalah agar dapat menyesuaikan jumlah material pada tempat dan waktu yang tepat, dengan biaya yang rendah. Karena menurut Ballou (2004), ketersediaan suatu

produk diukur dari kemampuan perusahaan dalam melakukan pemenuhan order berdasarkan persediaan yang dimiliki pada saat itu.

2.3 *Resource Sharing*

Dalam konsep *activity-based management*, pengurangan biaya logistik melalui efisiensi penggunaan sumber daya dilakukan dengan cara *resource sharing* untuk mencapai skala ekonomis yang paling optimal. Penerapan *resource sharing* di era teknologi ini sangat mudah dilakukan, seperti dengan melakukan pendataan kendaraan dari berbagai pengelola jasa transportasi kemudian informasi tersedianya jenis kendaraan sesuai kapasitas, posisi/lokasi kendaraan, rute asal dan tujuan, dibagikan secara luas ke ekosistem logistik melalui platform teknologi informasi *big data*, serta menerapkan *multidrop* atau menggabungkan beberapa rute dan melakukan konsolidasi barang dari berbagai pengiriman (Zaroni, 2017).

Dalam konsep *collaborative transportation* yang memiliki prinsip dasar *resource sharing*, yang berarti aset seperti jaringan dan kendaraan-kendaraan yang ada, dapat digunakan oleh seluruh pihak (Furtado, 2015). Dengan *resource sharing* akan diperoleh penggunaan kendaraan yang paling optimal, dan semakin efisien dalam penggunaan sumber daya, maka biaya logistik dapat ditekan.

2.4 *Haversine Formula*

Haversine Formula, yang ditemukan oleh Prof. James Inman tahun 1835, adalah persamaan dalam sistem navigasi yang akan menghasilkan jarak terpendek (dengan pendekatan *Euclidean Distance*, sehingga belum mempertimbangkan *circuitry factor*) pada lingkaran besar antara dua titik pada permukaan bumi berdasarkan garis bujur (longitude) dan garis lintang (latitude). *Haversine Formula* digunakan sebagai metode untuk mengetahui jarak antar dua titik dengan memperhitungkan bahwa bumi bukanlah sebuah bidang datar, namun merupakan sebuah bidang yang memiliki derajat kelengkungan (Yulianto, 2018). Berikut ini merupakan rumus yang digunakan dalam *Haversine*:

$$\Delta \textit{latitude} = \textit{latitude 1} - \textit{latitude 2} \quad (2.1)$$

$$\Delta \textit{longitude} = \textit{longitude 1} - \textit{longitude 2} \quad (2.2)$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta \text{lat}}{2}\right) + \cos(\text{lat } 1) \cdot \cos(\text{lat } 2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta \text{long}}{2}\right) \quad (2.3)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \quad (2.4)$$

$$d = R \cdot c \quad (2.5)$$

Keterangan:

- R = Jari-jari bumi (6.371 km)
- $\Delta \text{Latitude}$ = Besaran perubahan latitude
- $\Delta \text{Longitude}$ = Besaran perubahan longitude
- c = Kalkulasi perpotongan sumbu
- d = Jarak (km)

2.5 VRP (*Vehicle Routing Problem*)

Menurut Irnich, Toth, dan Vigo (2002), VRP (*Vehicle Routing Problem*) atau yang pada tahun 1959 disebut *Truck Dispatching Problem* oleh Dantzig dan Ramser merupakan Algoritma untuk menentukan serangkaian rute kendaraan untuk memenuhi seluruh atau beberapa permintaan transportasi dengan armada yang diberikan, seperti dengan menentukan kendaraan mana yang akan menangi urutan yang mana, sehingga semua rute kendaraan dapat dieksekusi dengan lebih mudah, kemudian biaya transportasi berdasarkan jarak yang ditempuh serta *fixed cost* dapat ditekan dengan meminimalkan jumlah kendaraan yang dibutuhkan untuk melayani seluruh *customer* seperti dengan menggunakan kendaraan dan supir yang sama. Berikut ini merupakan variasi dari VRP yang dapat dikombinasikan satu sama lain.

2.5.1 CVRP (*Capacitated Vehicle Routing Problem*)

Capacitated VRP merupakan tahap lanjutan dari TSP (*Travelling Salesman Problem*) dan menganut prinsip Hamiltonian *circuit*, di mana setiap *node* hanya boleh dikunjungi sekali kemudian kendaraan kembali ke *Depot* awal, yang mana seluruh kendaraan yang digunakan memiliki kapasitas angkut. CVRP digunakan untuk melayani sejumlah permintaan *customer* dari sebuah *Depot* dengan biaya yang minimum.

2.5.2 VRPTW (*Vehicle Routing Problem with Time window*)

VRP *with time window* merupakan lanjutan dari CVRP, yang mana *service* pada setiap *customer* harus dimulai dalam interval waktu yang telah ditentukan atau disebut *time window*. *Time window* dapat dikatakan *hard* atau *soft*, jika *soft* berarti masih dapat dilanggar namun dikenakan sanksi, dan jika *hard* maka rentang waktu yang telah ditetapkan tidak dapat dilanggar. Pada model VRPTW, *time window* akan menjadi salah satu *constraint* nya. Salah satu contoh *time window* adalah jam operasional.

2.5.3 HFVRP (*Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem*)

Heterogeneous Fleet atau *mixed Fleet* VRP merupakan model VRP dengan kendaraan yang terdiri dari berbagai jenis kendaraan. Masing-masing memiliki kapasitas dan biaya yang beda. Pada model ini diasumsikan kendaraan tidak terbatas. Pilihan kendaraan yang tepat untuk dikerahkan ke setiap rute dapat memiliki dampak yang besar pada biaya keseluruhan solusi, baik di tingkat operasional, di mana kendaraan heterogen diberlakukan, maupun di tingkat strategis, di mana komposisi kendaraan optimal harus ditentukan.

2.5.4 SDVRP (*Split Delivery Vehicle Routing Problem*)

Split Delivery VRP memungkinkan untuk *customer* dapat dilayani lebih dari satu kali dengan membagi jumlah pengiriman di antara berbagai kunjungan, atau *node* bisa dikunjungi lebih dari satu kali, hal ini yang menjadikan SDVRP sebagai *relaxation* dari CVRP. Pada SDVRP dibutuhkan penentuan jumlah kunjungan ke setiap *customer*, porsi permintaan untuk dikirimkan ke *customer*, dan penentuan rute kendaraan.

2.6 *Cluster First, Routing Second*

Metode *heuristic cluster first routing second* dikembangkan dan secara umum dikenal sebagai metode untuk membangun *cluster* dari *customer* dan menyelesaikan satu TSP per *cluster*, dengan *sweep heuristic*, teori ini ditemukan Gillet dan Miller pada tahun 1974. Selain itu metode *heuristic cluster first routing second* dikembangkan juga oleh Fisher dan Jaikumar pada tahun 1984 dengan teori

mengenai penyelesaian GAP (*Generalized Assignment Problem*) menjadi *cluster* dan jumlah kendaraan yang akan digunakan. Secara umum, metode ini melakukan *clustering* atau pengelompokan terlebih dahulu dari setiap *node*, kemudian menentukan rute kendaraan pada setiap *cluster* (Prins, 2008).

Sebagai contohnya, metode *sweep heuristic* oleh Gillett dan Miller, Strategi ini dimulai dengan membuat *cluster* dengan cara "menyapu" searah jarum jam atau berlawanan arah jarum jam menggunakan *Depot* sebagai titik asal "sinar penyapu". Ketika mereka tersapu dan terbentuk *cluster*, permintaan *node* terpilih dialokasikan ke kendaraan sampai kapasitasnya tercapai. Jika kapasitas sudah penuh, maka kendaraan baru kemudian dipilih dan penyisiran dilanjutkan sampai semua *node* ditugaskan. *Heuristic TSP* digunakan untuk membuat rute setiap kendaraan melalui *node* yang telah dipilih.

2.7 Nearest Neighbor Heuristic Algorithm

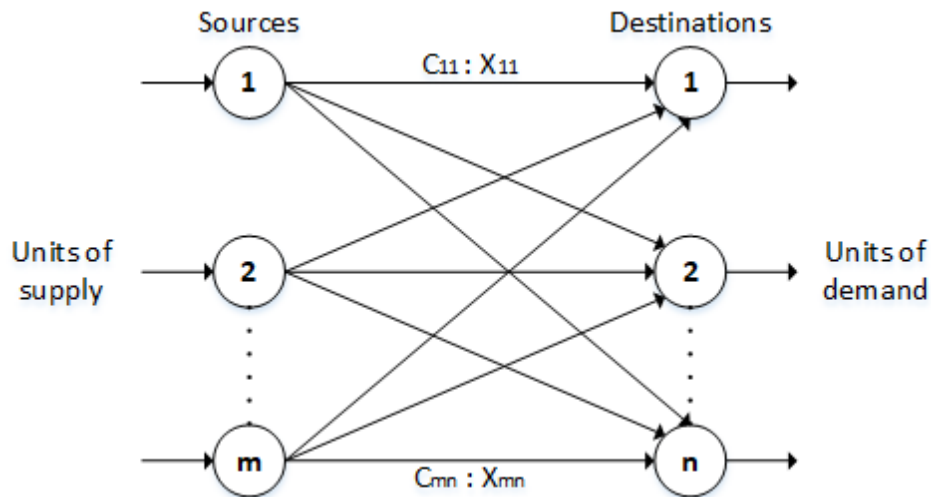
Nearest Neighbor merupakan salah satu metode *heuristic* yang dirancang untuk memecahkan TSP (*Travelling Salesman Problem*) dalam pencarian rute distribusi, yang membedakan TSP dengan VRP antara lain jumlah kendaraan yang digunakan, pada TSP hanya satu kendaraan, sedangkan VRP bisa lebih dari satu. *Nearest Neighbor* atau yang biasa disebut *the next best method* di Gavett, bekerja dengan memilih *node* selanjutnya berdasarkan dengan jarak terdekat dari *node* yang terpilih sekarang (Rosenkrantz, 1977).

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sarjono (2014), yang membandingkan *nearest neighbor* dengan *farthest insertion* serta *nearest insertion*, didapatkan hasil dengan total jarak terendah untuk setiap kendaraan yaitu dengan *nearest neighbor heuristic algorithm*. Berikut ini merupakan langkah penyelesaian metode *nearest neighbor*:

1. Memilih sebuah *node* sebagai *node* asal
2. Memilih *node* terdekat dari *node* asal pertama
3. Ulangi dengan memilih *node* yang belum terpilih sebelumnya, dilakukan hingga seluruh *node* telah terpilih.

2.8 Model Transportasi

Model transportasi merupakan permodelan *linear programming* yang berhubungan dengan pengiriman komoditas dari sumber (pabrik) ke tujuan (gudang). Tujuannya adalah untuk menentukan jumlah komoditas yang dikirim dengan meminimalkan total biaya pengiriman dan memenuhi batas *supply demand* (Taha, 2006). Berikut ini model matematis yang digunakan dalam permodelan transportasi *unbalance*:



Gambar 2. 1 Representasi Model Transportasi dengan Nodes dan Arcs
Sumber: Taha, 2006

Objective Function:

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot x_{ij} \quad (2.6)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \text{ untuk setiap sumber } i = 1, 2, \dots, m \quad (2.7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, \text{ untuk setiap sumber } j = 1, 2, \dots, n \quad (2.8)$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ all } i \text{ and } j \quad (2.9)$$

Keterangan:

c_{ij} = Biaya pengiriman per unit produk dari sumber i ke tujuan j

x_{ij} = Jumlah produk yang dikirim dari sumber i ke tujuan j

a_i = Jumlah kapasitas *supply* yang dimiliki sumber i

b_j = Jumlah permintaan pada tujuan j

2.9 Integer Programming

Menurut Winston (2004) dan Hillier & Lieberman (1997), *integer programming* merupakan model linear programming, yang mana beberapa atau semua variabel keputusannya diharuskan bernilai integer atau bulat non-negatif.

Dalam *integer programming* terdapat tiga komponen, yaitu:

1. Objective Function (Fungsi Tujuan)

Objective function adalah fungsi yang menjelaskan tujuan dari permodelan *integer programming* ini. Pada sebagian besar model, terdapat fungsi yang ingin memaksimalkan (*max/maximize*), memperkecil (*min/minimize*), atau menyamakan (*equalize*) bergantung dengan objek yang dijadikan tolak ukur kesuksesan dalam permodelan ini. Tujuannya adalah agar didapatkan hasil yang optimal ketika membuat alokasi sumber daya.

2. Decision Variabel (Variabel Keputusan)

Decision Variabel adalah *variabel* mempengaruhi kinerja sistem dan *variabel* yang nilainya berada dibawah kendali atau dapat diubah ubah untuk mendapatkan hasil yang optimal dari *objective function* yang telah ditetapkan.

3. Constrain Function (Fungsi Pembatas)

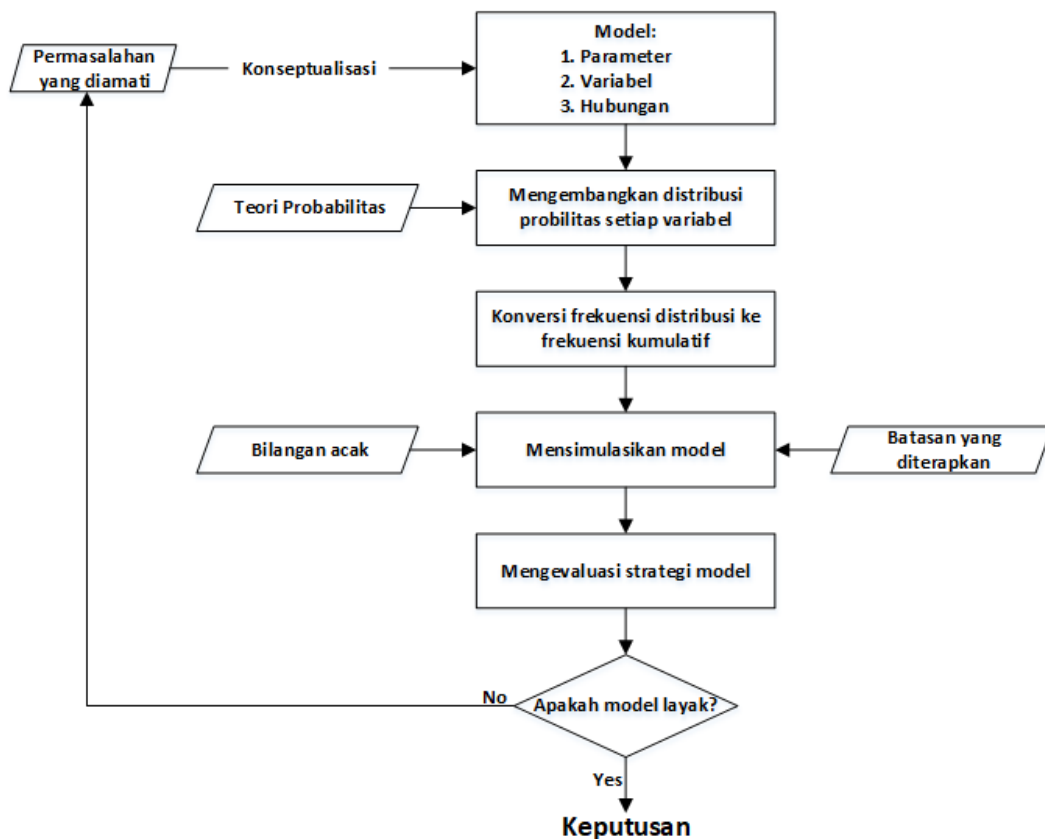
Constrain function adalah pembatas pada nilai-nilai *decision variabel*. *Constrain* bertujuan untuk memberikan batas pada nilai *variabel*. Kebanyakan *constrain* diekpresikan menjadi fungsi matematika dengan menggunakan notasi $>$ (lebih dari), $<$ (kurang dari), \geq (lebih dari sama dengan), \leq (kurang dari sama dengan), dan $=$ (sama dengan).

2.10 *Visual Basic for Application (VBA)*

Menurut Walkenbach (2007), VBA atau *Visual Basic for Applications* adalah bahasa pemrograman yang dibuat oleh Microsoft yang memungkinkan pengguna memberikan instruksi dan tugas ke aplikasi Microsoft. VBA merupakan turunan dari bahasa pemrograman *Visual Basic (VB)* yang biasa digunakan untuk memprogram program yang dapat dijalankan secara mandiri (software). Beberapa instruksi yang dapat ditugaskan untuk program Microsoft sebagai berikut, memasukkan banyak teks, mengotomatiskan tugas yang sering, mengotomatiskan operasi berulang, membuat perintah *custom*, membuat tombol *custom*, mengembangkan fungsi lembar kerja baru. Membuat aplikasi lengkap yang digerakkan *macro*, membuat aplikasi tambahan yang disesuaikan untuk Microsoft, membuat add-in kustom untuk Microsoft program termasuk VBA pada Ms. Excel yang juga memungkinkan pengguna untuk membuat instruksi dengan menggunakan sistem rekaman. *Feature* ini disebut Macro Excel, yang dilakukan hanya dengan menetapkan *macro* pada tombol atau objek lain, mengklik tombol rekam, melakukan operasi yang diinginkan, dan berhenti merekam setelah menyelesaikan proses yang diinginkan.

2.11 *Monte Carlo Simulation*

Menurut Tersine (1994), *monte carlo simulation* adalah simulasi probabilistik dengan melakukan pengambilan *sample* dari bilangan acak sebagai pendekatan dalam melakukan penyelesaian suatu masalah. Mula-mula ditentukan distribusi probabilitas dari variabel yang akan diteliti, kemudian membangkitkan bilangan acak untuk setiap variabel dari distribusi probabilitas yang telah didapatkan sebelumnya. Tujuan dari membangkitkan bilangan acak ini untuk mendapatkan data yang dapat menggambarkan kejadian pada masing-masing variabel acak tersebut. simulasi *monte carlo* membantu mengambil keputusan yang melibatkan perilaku acak pada variabelnya. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan simulasi *monte carlo*:



Gambar 2. 2 Tahap Simulasi *Monte Carlo*

Sumber: Tersine, 1994

Setelah didapatkan distribusi probabilitas untuk setiap variabel yang akan diamati, kemudian frekuensi distribusi diubah kedalam frekuensi kumulatif untuk menjamin hanya satu nilai variabel yang akan mewakili bilangan acak tersebut. Kemudian untuk menentukan nilai variabel berdasarkan distribusi probabilitas kumulatif, maka akan digunakan bilangan acak dengan distribusi probabilitas kumulatif yang telah ditentukan.

Untuk mengatasi sistem RIRO (*Random Input Random Output*) pada simulasi yang mengakibatkan hasilnya bersifat acak karena *input* nya bersifat acak pula, perlu dilakukan replikasi agar hasilnya cukup representatif terhadap sistem nyatanya. Maka akan ditetapkan β (*absolute error*) atau γ (*relative error*) untuk menentukan jumlah replikasinya, nilai γ disajikan dalam bentuk persentase. Menurut Hori (2018) dan Şen (2017), γ yang dapat diterima maksimum sebesar 10% agar solusi yang didapatkan mendekati solusi aslinya. Berikut ini merupakan

formula yang digunakan untuk menghitung jumlah replikasi yang diperlukan (Siswanto *et al.*, 2018).

$$hw = \frac{\delta}{|\bar{x}|} = \frac{t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2}{n}}}{|\bar{x}|} \quad (2.10)$$

$$hw \leq \gamma \quad (2.11)$$

$$n' = \left[\frac{(z_{\alpha/2})s}{\left(\frac{\gamma}{1+\gamma}\right)\bar{x}} \right]^2 \quad (2.12)$$

Keterangan:

- $t_{n-1, 1-\alpha/2}$ = Nilai tabel distribusi t dengan df (*degree of freedom*)
- s = Standar deviasi pada uji coba (awal) simulasi
- \bar{x} = Rata-rata pada uji coba (awal) simulasi
- n = Jumlah replikasi awal
- n' = Jumlah replikasi baru

Untuk mengitung jumlah replikasi yang dibutuhkan, mula-mula ditetapkan replikasi awal (n), kemudian dilakukan perhitungan hw atau *half width* menggunakan Persamaan 2.10. Jika Persamaan 2.11 terpenuhi, hw yang didapatkan kurang dari γ yang telah ditetapkan, maka jumlah replikasi akan mengikuti jumlah replikasi awal (n). Namun jika Persamaan 2.11 tidak terpenuhi, maka akan dilakukan perhitungan jumlah replikasi baru menggunakan Persamaan 2.12.

2.12 Penelitian Terdahulu

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai penelitian-penelitian terdahulu dengan studi kasus dan tujuan yang serupa dengan penelitian ini. Pada table 2.1 mengenai ringkasan dari penelitian terdahulu, akan ditampilkan penulis, tahun rilis, studi kasus yang diangkat, metode yang digunakan, dan hasil metode tersebut.

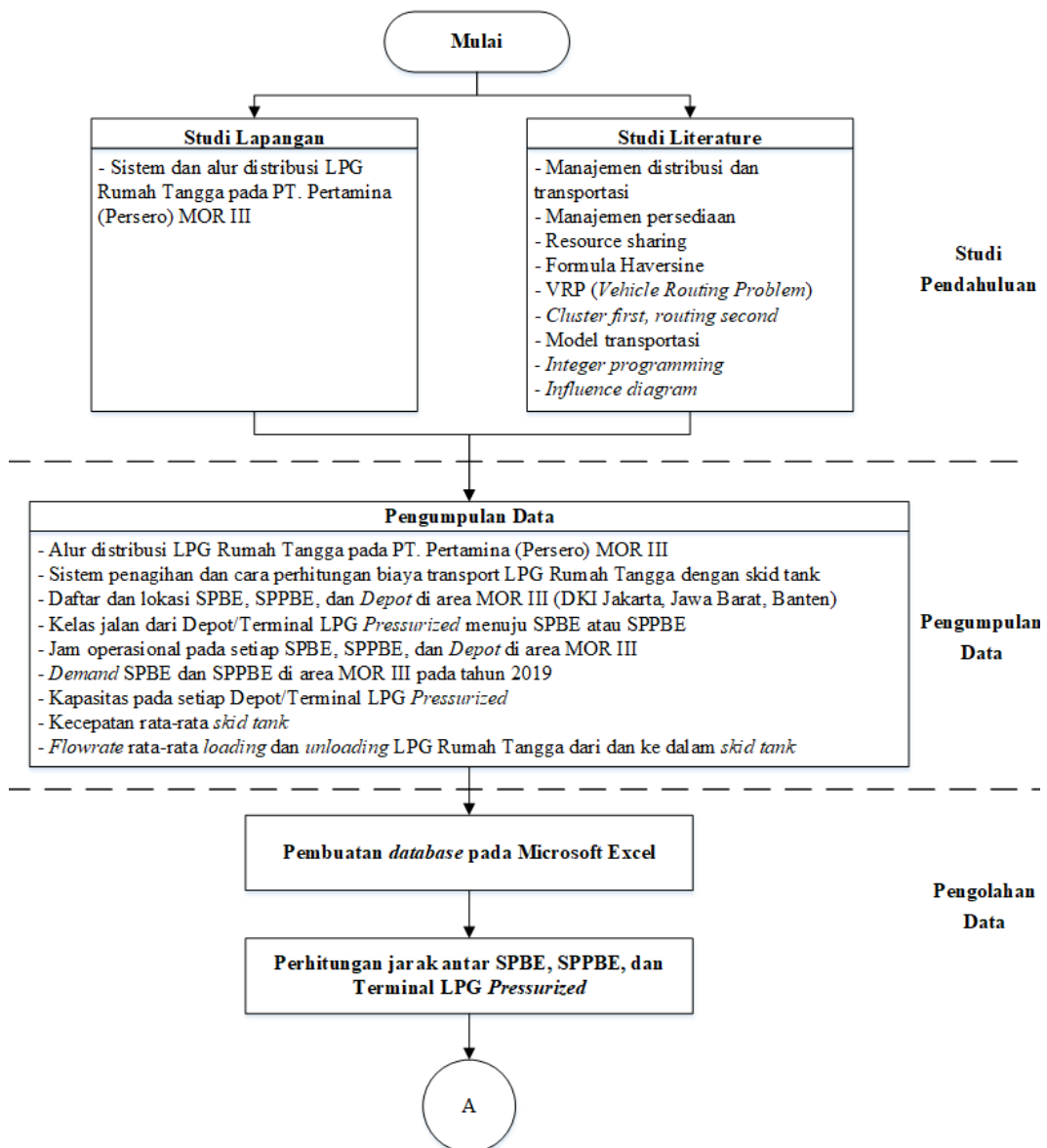
Tabel 2. 1 Penelitian Terdahulu

Penulis, Tahun	Keterangan	Deskripsi
Nurmalatya, N., 2017	Studi kasus	Penentuan jumlah truk untuk pengiriman beras RASKIN pada wilayah Surabaya, Gresik, dan Sidoarjo
	Metode	Integer Programming
	Hasil	Saat ini perusahaan menggunakan 15 truk, sedangkan berdasarkan hasil analisis, pemenuhan permintaan cukup dengan 11 truk. Maka perusahaan akan mereduksi biaya investasi sebesar Rp. 1.024.800.000.
Susanti, E. <i>et al.</i> , 2017	Studi kasus	Penentuan jumlah dan kombinasi kendaraan pengangkut sampah pada kecamatan IB II tahun 2020, dengan memerhatikan tingkat pertumbuhan penduduk
	Metode	Goal Programming
	Hasil	Jumlah penduduk pada kecamatan IB II tahun 2020 diprediksi meningkat dari 65555 jiwa menjadi 69488 jiwa, sehingga diperlukan 9 kendaraan pengangkut sampah yang terdiri dari 8 jenis <i>dumb truck</i> dan 1 jenis <i>armroll</i> .
Effendi, H. <i>et al.</i> , 2016	Studi kasus	Penentuan jumlah dan kombinasi alat berat pada proyek pembangunan pabrik dengan mempertimbangkan kapasitas produksi
	Metode	Metode Heuristik
	Hasil	Dipengaruhi oleh kapasitas produksi alat berat, maka diperlukan 5 alat berat dengan jenis dan kapasitas yang berbeda (2 <i>dump truck</i> , 1 <i>excavator</i> , 1 <i>bulldozer</i> , dan 1 <i>vibration roller</i>).
Rusdiansyah, A., Aryusamalia, 2007	Studi kasus	Penentuan jumlah dan kombinasi kendaraan pada perusahaan jasa logistik pihak ketiga dengan mempertimbangkan konsolidasi permintaan konsumen
	Metode	<i>Saving Heuristic</i> pada <i>visual basic</i>
	Hasil	Jumlah truk yang akan digunakan berkurang 3 buah, namun total kapasitas truk yang dibutuhkan lebih besar karena diterapkannya konsolidasi permintaan konsumen. Dan total biaya sewa kendaraan turun sebesar 18.87% atau Rp. 1.908.212.

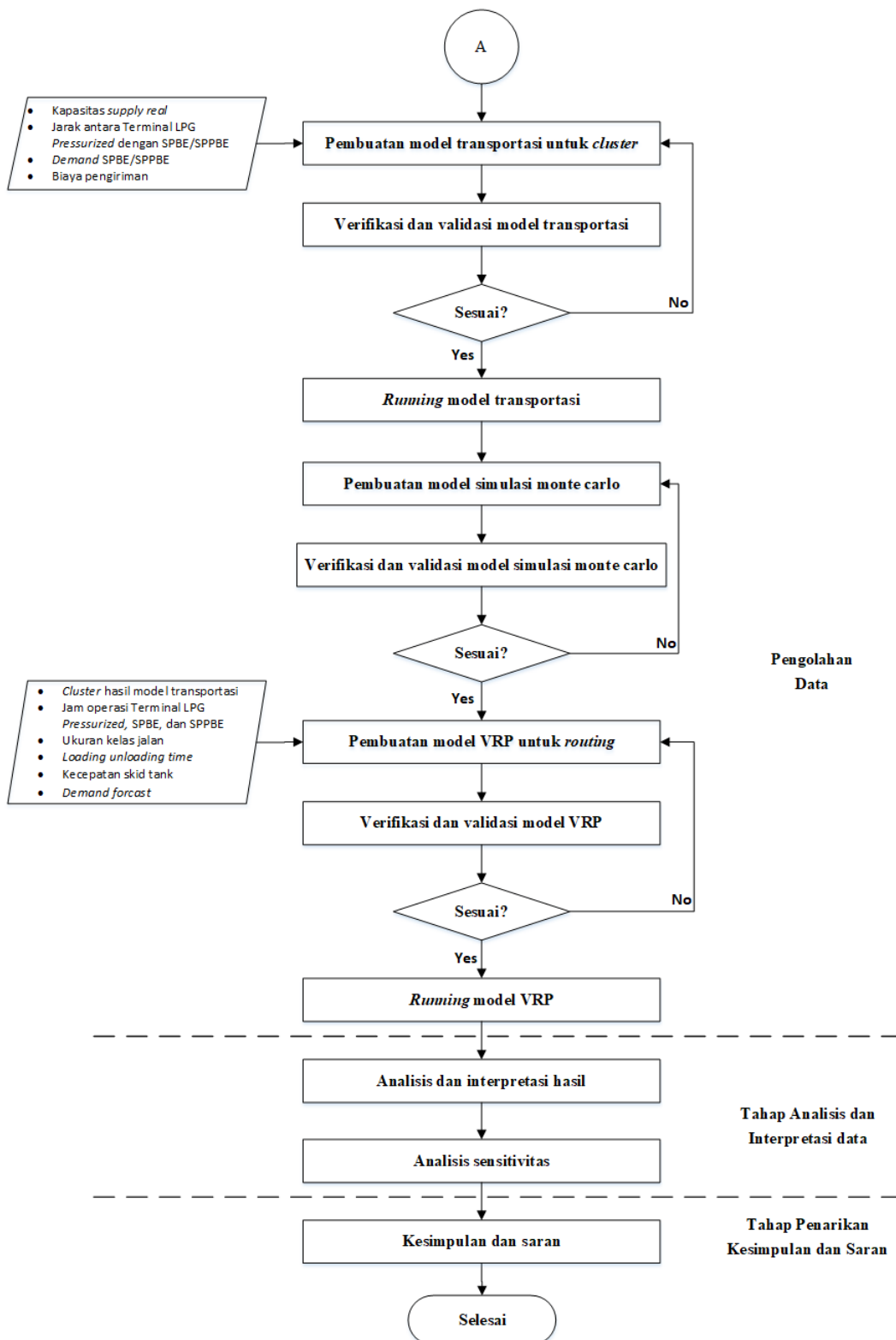
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab metodologi penelitian ini akan dijelaskan mengenai metodologi yang digunakan sebagai acuan untuk tahap-tahap yang akan dilakukan dalam penelitian ini, agar berjalan secara sistematis. Pada Gambar 3.1 di bawah ini adalah *flowchart* metodologi penelitian yang dilakukan.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Metodologi Penelitian



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Studi Pendahuluan

Penelitian ini diawali dengan melakukan observasi ke salah satu Terminal *LPG Pressurized* di area MOR III dan Kantor Pertamina MOR III Departemen *Supply and Distribution* guna mengidentifikasi masalah yang terjadi di lapangan. Berdasarkan masalah yang terjadi, maka dilakukan studi literatur sebagai dasar mengenai informasi, landasan teori, dan konsep-konsep dalam pengerjaan penelitian ini. Beberapa literatur yang digunakan dalam penelitian ini seperti, buku, jurnal, artikel, website, serta penelitian pada tugas akhir lainnya.

3.2 Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data yang diperlukan untuk mendukung penelitian ini. Data-data yang dikumpulkan antara lain, seperti berikut ini:

1. Alur distribusi LPG Rumah Tangga pada PT. Pertamina (Persero) MOR III
2. Sistem penagihan dan cara perhitungan biaya transport LPG Rumah Tangga dengan *skid tank*
3. Daftar dan lokasi SPBE, SPPBE, dan Depot di area MOR III (DKI Jakarta, Jawa Barat, Banten)
4. Kelas jalan dari Depot/Terminal LPG Pressurized menuju SPBE atau SPPBE
5. Jam operasional pada setiap SPBE, SPPBE, dan Depot di area MOR III
6. Permintaan SPBE dan SPPBE di area MOR III pada tahun 2019
7. Kapasitas pada setiap Depot/Terminal LPG Pressurized
8. Kecepatan rata-rata *skid tank*
9. Flowrate rata-rata loading dan unloading LPG Rumah Tangga dari dan ke dalam *skid tank*

Data-data tersebut diperoleh melalui data sekunder dari PT. Pertamina (Persero) MOR III, wawancara dengan pihak terkait, serta pengamatan secara langsung.

3.3 Pengolahan Data

Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data-data yang telah dikumpulkan sebelumnya. Data-data tersebut akan diolah dengan metode yang telah ditetapkan. Hasil dari pengolahan data tersebut selanjutnya akan digunakan sebagai dasar dalam melakukan analisis. Berikut ini merupakan tahap pengolahan data-data tersebut:

3.3.1 Pembuatan Database pada Microsoft Excel

Untuk menentukan *clustering* antara Terminal *LPG Pressurized* dengan SPBE/SPPBE, penjadwalan dan penentuan rute pengiriman *LPG* Rumah tangga menggunakan *skid tank* dengan menerapkan kebijakan *sharing skid tank* diperlukan perhitungan jarak, biaya, dan pertimbangan jam operasional yang memerlukan dukungan dari beberapa data atribut seperti, nama, jam operasi, alamat beserta *latitude* dan *longitude* setiap SPBE dan SPPBE serta Terminal *LPG Pressurized* di area MOR III, kapasitas *supply real* pada Terminal *LPG Pressurized*, jumlah dan ukuran *skid tank* yang dimiliki SPPBE dan Transpotir, dan permintaan setiap SPBE dan SPPBE.

3.3.2 Perhitungan Jarak Antar Stasiun Pengisian dan Depot

Perhitungan jarak dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu Google Maps dan *Haversine Formula*. Perhitungan jarak dengan Google Maps dilakukan karena telah mempertimbangkan *circuitry factor* sehingga hasil perhitungan lebih valid. Metode ini akan lakukan untuk menghitung jarak dari Depot ke SPPBE/SPBE yang akan digunakan sebagai *input* dalam membuat *cluster* sehingga dianggap *critical*, serta untuk menghitung jarak antar Stasiun Pengisian yang berada pada kota yang sama.

Sedangkan *Haversine Formula* akan digunakan untuk melakukan perhitungan jarak antar Stasiun Pengisian yang berada di kota berbeda, karena jalan ke luar kota cenderung lurus sehingga *circuitry factor*-nya kecil. *Haversine Formula* dilakukan dengan menggunakan data *latitude* dan *longitude* setiap SPBE, SPPBE, dan Terminal *LPG Pressurized* dari *database* yang telah dibuat sebelumnya dan telah mempertimbangkan lengkungan pada bumi yang bulat. *Haversine Formula* dapat dituliskan dengan *coding* yang akan di-*running* pada Microsoft Excel dengan

menggunakan bantuan VBA (*Visual Basic for Applications*) Excel Macro agar perhitungan dapat dilakukan dengan cepat.

3.3.3 Pembuatan Model Transportasi

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model transportasi guna menentukan *cluster*, dimana dalam 1 *cluster*, hanya akan terdapat 1 Terminal *LPG Pressurized*. Model transportasi yang dibangun merupakan model transportasi dengan dua *echelon*, yaitu Terminal *LPG Pressurized* dan SPPBE/SPBE. Data yang dibutuhkan seperti, data jarak antara Terminal *LPG Pressurized* dengan SPBE/SPPBE, permintaan setiap SPBE/SPPBE selama 1 tahun, kapasitas pada Terminal *LPG Pressurized*, dan biaya pengiriman.

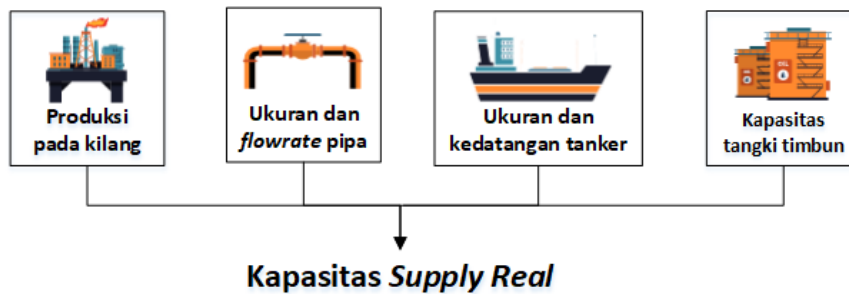
3.3.4 Verifikasi dan Validasi Model Transportasi

Pada tahap ini akan dilakukan verifikasi dan validasi terhadap model transportasi yang telah dibuat. Verifikasi merupakan proses untuk memastikan apakah model yang telah dibuat sudah sesuai dan melihat apakah ada *error* pada model yang telah dibuat, pada tahap ini verifikasi dilakukan dengan *debug* pada model transportasi yang telah dibuat di LINGO. Kemudian validasi merupakan proses perbandingan antara model yang telah dibuat dengan sistem nyata yang sedang dimodelkan, hal ini bertujuan untuk menjamin model dapat merepresentasikan sistem nyata, sehingga model yang dibangun dapat terjamin kredibilitasnya. Apabila model tidak terverifikasi dan tervalidasi, maka harus dilakukan peninjauan ulang pada model transportasi yang dibangun hingga model terverifikasi dan tervalidasi, agar dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu *running* model transportasi yang telah dibangun.

3.3.5 Running Model Transportasi

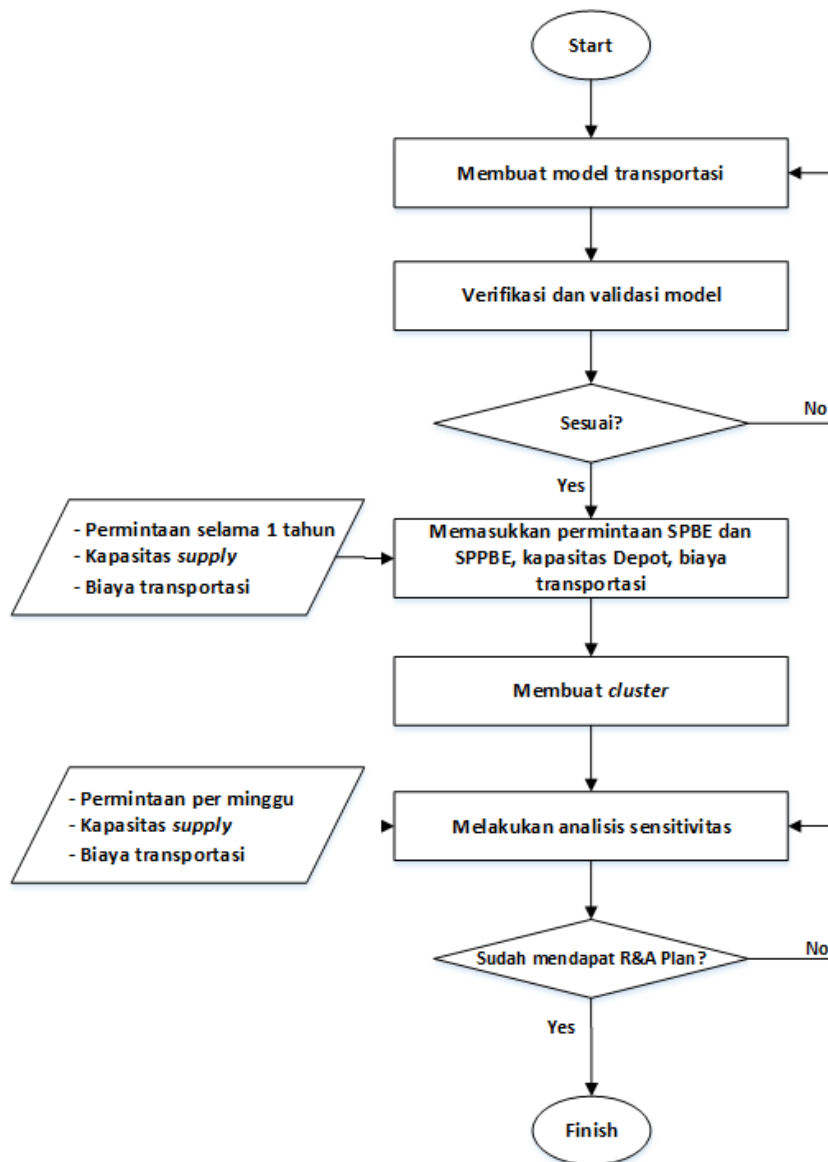
Setelah mengetahui jarak antar SPBE, SPPBE, dan Terminal *LPG Pressurized*, selanjutnya dilakukan penentuan *cluster* antara Terminal *LPG Pressurized* dan SPBE/SPPBE. Untuk menentukan *cluster* dilakukan dengan *input* biaya transportasi, dan kapasitas *supply real*, yaitu kapasitas *supply* sebenarnya yang didapatkan dengan melihat kapasitas *supply* terkecil di antara hasil produksi

pada kilang, ukuran dan *flowrate* pada pipa, kedatangan dan ukuran tanker yang datang, maupun kapasitas pada tangki timbun, dan data historis permintaan selama pada tahun 2019, karena data yang masih relevan adalah data 1 tahun kebelakang, mengingat jumlah SPPBE dan SPBE yang berubah setiap tahunnya.



Gambar 3. 2 Kapasitas Supply Real

Namun karena permintaan setiap harinya dapat berbeda-beda, maka diperlukan analisis sensitivitas setelahnya dengan melakukan iterasi berulang dan mengganti permintaan menjadi per minggu dan per hari untuk meng-*capture* kemungkinan alokasi Stasiun Pengisian di setiap *cluster*-nya. Analisis sensitivitas ini dilakukan untuk menemukan alternatif agar dapat mengantisipasi jika terdapat Terminal *LPG Pressurized* yang tidak bisa memenuhi permintaan dari SPBE/SPPBE, iterasi dilakukan hingga didapatkan konsep skenario antisipasi yang disebut *Regular* dan *Alternative Cluster*, yaitu dengan menentukan rancangan distribusi jika Terminal *LPG Pressurized X* tidak bisa memenuhi permintaan, seperti dengan mengalihkan SPBE/SPPBE A, B, dan C ke Terminal *LPG Pressurized* lain.



Gambar 3. 3 *Flowchart* Pengerjaan Model Transportasi

3.3.6 *Generate Data Permintaan Harian*

Pada tahap ini akan dilakukan pembangunan model simulasi *monte carlo* untuk mengatasi permintaan harian yang tidak pasti (waktu dan jumlahnya) dari setiap SPBE dan SPPBE. Karena untuk menentukan rute setiap harinya diperlukan data permintaan harian dengan mempertimbangkan volume pemesanan yang dipesan dan probabilitas pemesanan. Berikut ini merupakan tahap yang akan dilakukan dalam melakukan simulasi *monte carlo*.

3.3.6.1 Pembuatan Model *Monte Carlo*

Pada tahap ini dimulai dengan melakukan *fitting distribution* data historis permintaan tahun 2019. Tahap ini akan dilakukan dengan menggunakan *@Risk*. *Fitting distribution* dilakukan untuk setiap SPBE dan SPPBE. Kemudian setelah didapatkan distribusi yang sesuai, maka akan dibangun bilangan acak yang menggambarkan permintaan dari setiap SPBE dan SPPBE sesuai dengan distribusi yang telah ditetapkan. Bilangan acak tersebut akan dikalikan dengan probabilitas pemesanan yang akan menggambarkan adanya pemesanan pada hari tersebut atau tidak.

3.3.6.2 Replikasi pada Model *Monte Carlo*

Replikasi bertujuan untuk mengatasi hasil acak yang diakibatkan oleh variabilitas dari hasil distribusi bilangan acak, akan dilakukan replikasi guna memastikan model simulasi mampu menggambarkan hasil dari sistem nyatanya. Hal ini perlu dilakukan mengingat sistem simulasi menganut sistem RIRO (*random input, random output*), di mana *input* dari simulasi yang bersifat acak akan menghasilkan *output* yang acak pula. Sebelum mencari nilai n' atau jumlah replikasi yang perlu dilakukan, ditetapkan tingkat *relative error* (γ) serta jumlah replikasi awal yang akan dilakukan.

3.3.6.3 Validasi Model *Monte Carlo*

Validasi bertujuan untuk memastikan model simulasi yang telah dibangun sudah mampu menggambarkan keadaan sistem sebenarnya. Pada tahap validasi ini, penulis menggunakan uji *Student's-t* dengan *confidence level* sebesar 95%, *Student's-t* digunakan untuk membandingkan apakah terdapat perbedaan antara model simulasi dengan keadaan sistem sebenarnya. Model simulasi dikatakan valid jika nilai t_{test} berada diantara nilai $-t_{\text{critical}}$ dan t_{critical} .

3.3.7 Pembuatan Model VRP untuk Routing

Pada tahap ini akan dilakukan pembangunan model VRP atau *Vehicle Routing Problem* (SDVRP, HFVRP, dan CVRPTW) dengan *Nearest Neighbor*

Heuristic Algorithm pada Ms. Excel menggunakan VBA (*Visual Basic for Application*), guna menentukan rute, penjadwalan pengiriman dari Terminal *LPG Pressurized* ke SPBE/SPPBE, serta penentuan jumlah *skid tank* yang akan digunakan setiap harinya sebagai *input* dalam menentukan jumlah *skid tank* yang seharusnya disediakan oleh SPPBE dan Transportir.

3.3.8 Verifikasi dan Validasi Model VRP

Pada tahap ini akan dilakukan verifikasi dan validasi terhadap model VRP yang telah dibuat. Verifikasi dilakukan dengan *debug* pada model yang telah dibuat di VBA. Kemudian validasi dilakukan dengan membandingkan antara model yang telah dibuat dengan sistem nyata yang sedang dimodelkan, hal ini bertujuan untuk menjamin model dapat merepresentasikan sistem nyata, sehingga model yang dibangun dapat terjamin kredibilitasnya. Apabila model tidak terverifikasi dan tervalidasi, maka harus dilakukan peninjauan ulang pada model VRP yang dibangun hingga model terverifikasi dan tervalidasi, agar dapat dilanjutkan ke tahap berikutnya, yaitu *running* model VRP yang telah dibangun.

3.3.9 Running Model VRP

Pada tahap ini akan dilakukan *running* model VRP yang telah dirancang sebelumnya. Tujuan dari *running* model ini yaitu, agar mendapatkan saran dalam mengambil keputusan untuk menentukan jumlah *skid tank tank* yang seharusnya disediakan oleh SPPBE dan Transportir, sehingga diperlukan perhitungan jumlah *skid tank* yang digunakan dalam sehari, penjadwalan, dan penentuan rute pengiriman *LPG* Rumah Tangga sebagai *input*-nya. Model akan di *running* per hari dan per *cluster*, sesuai dengan hasil *clustering* yang didapat pada tahap sebelumnya. Setelah mengetahui jadwal dan rute pengiriman, akan didapatkan jumlah *skid tank* yang digunakan dalam seharinya. Data yang diperlukan pada tahap ini adalah jam operasi Terminal *LPG Pressurized*, SPBE, dan SPPBE, *loading unloading time* (berdasarkan jumlah yang diangkut dan *flowrate*), kecepatan *skid tank*, permintaan harian yang telah di simulasikan dengan *monte carlo*, dan ukuran kelas jalan. Untuk ukuran kelas jalan yang digunakan berdasarkan data historis ukuran *skid tank* yang digunakan ketika proses distribusi. Proses ini dilakukan berulang-ulang sesuai

dengan jumlah replikasi sesuai dengan perhitungan pada tahap membangun model *monte carlo*.

3.4 Tahap Analisis dan Interpretasi data

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan interpretasi hasil yang didapatkan pada tahap pengolahan data serta akan dilakukan analisis sensitivitas untuk mengantisipasi perubahan yang akan terjadi.

3.4.1 Analisis dan Interpretasi Hasil

Pada tahap ini akan dilakukan analisis dan interpretasi mengenai hasil *clustering*, penentuan rute, penjadwalan pengiriman dari Terminal *LPG Pressurized* ke SPBE/SPPBE, serta jumlah *skid tank* yang digunakan perharinya berdasarkan *running VBA* sebagai *input* dalam menentukan jumlah *skid tank* yang seharusnya disediakan oleh SPPBE dan Transportir ketika melaksanakan kebijakan *sharing skid tank*.

3.4.2 Analisis Sensitivitas

Pada tahap ini akan dilakukan uji sensitivitas, hal ini bertujuan untuk mengantisipasi jika terjadi perubahan permintaan. Setelah dilakukan uji sensitivitas dengan mengubah permintaan, kecepatan *skid tank*, dan *error* pada timbangan, maka hasil *cluster*, pembuatan rute, penjadwalan, dan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan akan dibandingkan dengan hasil ketika kondisinya normal. Hal ini dilakukan untuk melihat dampak dari perubahan permintaan tersebut.

3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari hasil analisis dan interpretasi data pada penelitian ini. Kesimpulan bertujuan untuk menjawab tujuan, kemudian saran diperoleh dari hasil perbaikan yang diusulkan pada penelitian ini, sehingga diharapkan mampu memberi solusi dari permasalahan dan dijadikan sebagai pertimbangan untuk penelitian selanjutnya.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai deskripsi perusahaan, yaitu PT. Pertamina (Persero) MOR III, alur distribusi *LPG* Rumah Tangga, dan data lain yang dibutuhkan pada penelitian ini. Data-data tersebut didapatkan dengan melakukan pengamatan serta wawancara dengan perusahaan terkait, yaitu PT. Pertamina (Persero) MOR III, data-data yang didapatkan berupa data sekunder yang didapatkan dari perusahaan langsung, dan juga data primer dari hasil wawancara. Selain proses pengumpulan data juga didapatkan dari sumber lain seperti internet dan *software Google Maps*.

4.1.1 Deskripsi Perusahaan

Berdasarkan UU Republik Indonesia nomor 8 tahun 1971, tentang perusahaan pertambangan minyak dan gas bumi negara yang disebut PERTAMINA (Perusahaan Negara Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Nasional) yang dibentuk guna menjamin kelancaran dan pelaksanaan pengusahaan minyak dan gas bumi secara ekonomis dan agar diperoleh manfaat yang sebesar-besarnya untuk rakyat, bangsa dan negara.

Dalam menjalankan usahanya Pertamina membagi Indonesia menjadi beberapa region, dan Marketing Operational Region (MOR) III memiliki tanggung jawab untuk daerah Jakarta (Jakarta Selatan, Jakarta Utara, Jakarta Timur, Jakarta Barat, Jakarta Pusat), Banten (Serang, Lebak, Tangerang, Cilegon, Pandeglang) dan Jawa Barat (Bogor, Depok, Sukabumi, Kota Bekasi, Cikarang, Karawang, Garut, Kab. Bandung, Kota Bandung, Cianjur, Subang, Purwakarta, Ciamis, Banjar, Tasikmalaya, Cirebon, Kuningan, Majalengka, Sumedang, Indramayu, Kuningan).

Untuk memenuhi kebutuhan dari 134 SPPBE (Stasiun Pengisian dan Pengangkutan Bahan Bakar Elpiji) dan 65 SPBE (Stasiun Pengisian Bahan Bakar Elpiji) yang ada di MOR III. Seluruh Stasiun Pengisian buka 24 jam. Kemudian MOR III memiliki tujuh *supply point*, lima Depot milik PT. Pertamina dan dua *supply point* lainnya yaitu kilang milik swasta yang mempunyai produk sampingan

berupa *LPG*. Berikut ini merupakan list Terminal *LPG Pressurized*, *ID Plant*, dan jam operasionalnya:

Tabel 4. 1 List Terminal *LPG Pressurized*

Terminal <i>LPG Pressurized</i>	Jam Operasional	
	Buka	Tutup
G201	5:00	21:00
G202	5:00	21:00
G207	6:00	22:00
G209	5:00	21:00
G301	5:00	21:00

Terminal *LPG Pressurized* salah satunya dipasok dari Terminal *LPG Refrigerated*. Terminal *LPG Refrigerated* pada MOR III berada di Tanjung Sekong, Banten atau dari STS (*Ship to Ship*) yaitu proses pemindahan gas dari kapal yang besar (*mother ship*) ke kapal yang lebih kecil (*tanker*). Proses STS biasa dilakukan di Teluk Semangka (Lampung), Kalbut (Gresik), dan terkadang di Balongan. Kendaraan yang digunakan untuk menyalurkan *LPG* sebelum ditabungkan yaitu, kapal/tanker, pipa, dan *skid tank*. Tanker yang digunakan ada yang milik Pertamina dan *charter/sewa*. Kemudian untuk *skid tank* yang digunakan adalah milik SPPBE dan transportir yang sudah bekerja sama dengan Pertamina. Berikut ini merupakan produk-produk yang dihasilkan dari bahan baku *LPG*:

Tabel 4. 2 Produk PT. Pertamina (Persero)

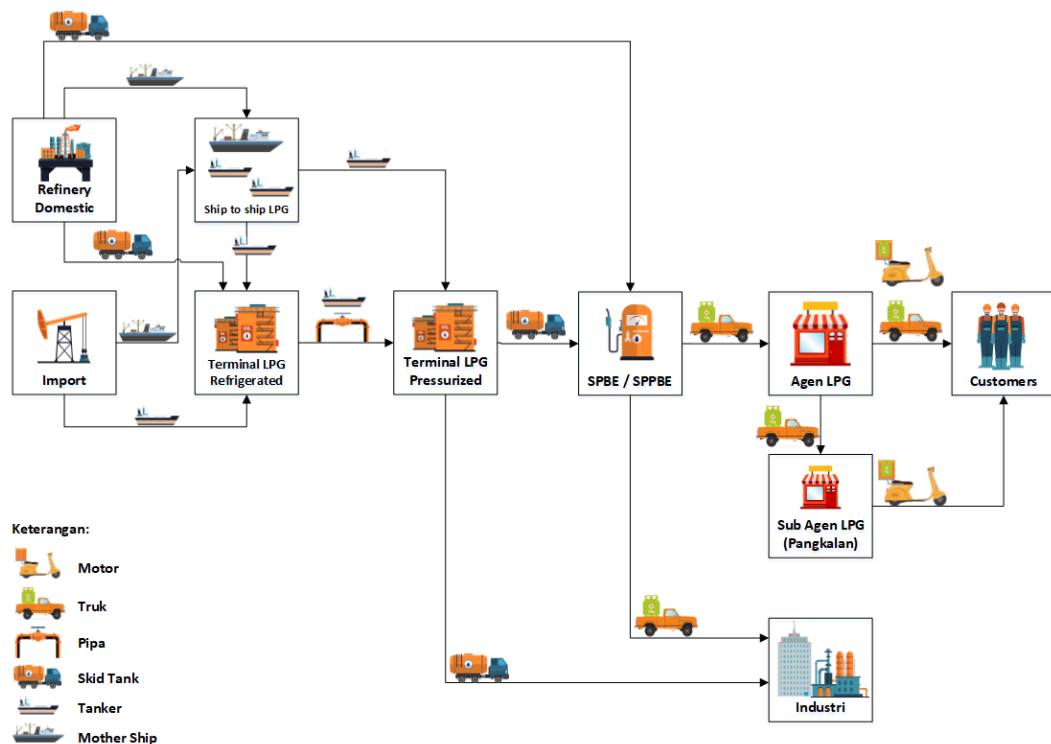
Produk	Series	Bahan	Fungsi
<i>LPG</i> Rumah Tangga	3 kg, 12 kg, 50 kg, Bright Gas	<i>Butane</i> + <i>Propane</i> + Markaftan	<i>LPG</i> Rumah Tangga
HAP (Hydrocarbon Aerosol Propellant)	32, 42, 49, 52	<i>Butane</i>	Bahan korek api
Vi-Gas	-	<i>Propane</i>	Bahan bakar kendaraan
<i>Propane</i> Pressurize	-	<i>Propane</i>	<i>Hair spray</i>
MusiCool (22, 124)	3 kg, 6 kg, 45 kg	<i>Propane</i> + <i>Butane</i>	<i>Refrigerant</i>

4.1.2 Alur Distribusi *LPG* Rumah Tangga

LPG atau *Liquified Petroleum Gas* merupakan gas dari hasil produksi di kilang atau pemisahan gas alam yang komponennya merupakan *Propane* (C_3H_8)

dan *Butane* (C_4H_{10}). Kemudian untuk produk *LPG* Rumah Tangga, selain *Propane* dan *Butane*, juga ditambahkan *Ethyl Mercaptan* sebagai zat pembau agar dapat memudahkan proses indikasi jika terjadi kebocoran gas.

Pada Gambar 4.1 dijelaskan mengenai alur distribusi *LPG*, dapat kita lihat, bahwa asal *Propane* dan *Butane* didapat dari impor dan kilang domestik, baik milik swasta, maupun milik Pertamina yang berada di Balongan untuk area MOR III. Keadaan *Propane* dan *Butane* hingga di Terminal *LPG* Refrigerated masih dalam keadaan terpisah karena perbedaan suhu keduanya. Ketika tiba di Terminal *LPG* Pressurized, untuk produk *LPG* Rumah Tangga, *Propane* dan *Butane* akan dicampur dan ditambah dengan *Mercaptan* ke dalam tangki timbun dan siap dialirkan ke Stasiun Pengisian menggunakan *skid tank* atau mobil tangki pembawa *LPG*. Kemudian pada Stasiun Pengisian, *LPG* Rumah Tangga akan dimasukkan ke dalam tabung sebelum dijual ke *end customer*.



Gambar 4. 1 Alur Distribusi *LPG*

Ukuran *skid tank* yang digunakan beragam, seperti 11MT, 13 MT, 14 MT, 15 MT, 18 MT, 20 MT, 21 MT dan 25 MT. *Skid tank* dimiliki oleh SPPBE atau Transportir, sehingga SPBE harus menggunakan *skid tank* milik SPPBE ataupun Transportir, karena wewenang SPBE hanya pengisian *LPG* kedalam tabung, berbeda dengan SPPBE yang memiliki wewenang untuk mengisi dan mengangkut. SPPBE dan Transportir akan mendapatkan biaya transportasi per ritase atau per perjalanan dari Terminal *LPG Pressurized* hingga tiba di Stasiun Pengisian dalam keadaan *skid tank* terisi *LPG*.

4.1.3 Data Kapasitas Depot

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai data kapasitas Depot pada MOR III. Terdapat 5 Depot yang melayani wilayah MOR III, yaitu Depot Balongan dengan kapasitas harian 1.200 MT, Depot Tanjung Priok dengan kapasitas harian 3.300 MT, Depot Tanjung Sekong dengan kapasitas harian 10.000, Depot Cirebon dengan kapasitas harian 625 MT, dan Depot Cilacap dengan kapasitas harian 300 MT. Kapasitas didapatkan dengan melakukan wawancara dan berdasarkan estimasi kapasitas pada setiap Depot. Berikut ini adalah rekap data kapasitas Depot pada wilayah MOR III.

Tabel 4. 3 Kapasitas Depot

Depot	Kapasitas (MT)			
	/ hari	/ minggu	/ bulan	/ tahun
G201	1,200	8,400	36,000	438,000
G202	3,300	23,100	99,000	1,204,500
G207	10,000	70,000	300,000	3,650,000
G209	625	4,375	18,750	228,125
G301	300	2,100	9,000	109,500
TOTAL	14,225	99,575	426,750	5,192,125

4.1.4 Data Kelas Jalan

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai data kelas jalan setiap Stasiun Pengisian pada wilayah MOR III. Data kelas jalan dari Depot menuju Stasiun Pengisian digunakan untuk melihat ukuran *skid tank* yang dapat menempuh stasiun pengisian terkait. Namun karena keterbatasan data, yang mana data kelas jalan

dimiliki oleh Dinas, sehingga ukuran kelas jalan diganti dengan ukuran *skid tank* terbesar yang pernah mengantar ke stasiun pengisian terkait, data historis yang digunakan berdasarkan data historis selama tahun 2019. Pada **Lampiran A** merupakan rekap data kelas jalan pada wilayah MOR III.

4.1.5 Data Permintaan Stasiun Pengisian

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai data permintaan dari setiap stasiun pengisian pada wilayah MOR III. Terdapat 197 stasiun pengisian yang aktif pada tahun 2019, dan didapatkan permintaan harian dari setiap stasiun pengisian tersebut. Pemesanan yang dilakukan stasiun pengisian tidak menentu setiap harinya, akan terdapat hari dimana stasiun pengisian tidak melakukan pemesanan, kemudian volume permintaan yang dipesan juga berbeda pada setiap pemesanannya. Data permintaan yang digunakan adalah data permintaan satu tahun terakhir, yaitu pada tahun 2019. Berikut ini akan ditampilkan sampel rekap data permintaan Stasiun Pengisian pada wilayah MOR III.

Tabel 4. 4 Permintaan Stasiun Pengisian

<i>ID Plant</i>	Hari ke-1	Hari ke-2	Hari ke-3	Hari ke-4	Hari ke-5	...
G206	15	29	55	55	30	...
G240	0	42	21	41	20	...
G241	44	35	35	40	20	...
G243	0	15	20	35	20	...
G244	15	30	15	15	15	...
G246	0	30	30	30	30	...
G247	15	30	15	30	15	...
G248	29	15	30	30	0	...
G249	15	45	59	45	15	...
G24A	20	35	15	0	15	...
G24B	0	0	15	15	15	...
G24C	30	15	30	0	0	...
G24D	0	51	30	52	52	...
...

4.1.6 Data Perhitungan Biaya Transportasi LPG Rumah Tangga

Pada bagian ini akan dipaparkan mengenai cara perhitungan biaya transportasi LPG Rumah Tangga. Pada Tabel 4.5 dijelaskan mengenai model perhitungan biaya transportasi yang ditagihkan kepada PT. Pertamina (Persero) dari SPPBE ataupun Transportir. Dari segi pelayanan yang diberikan sama antara kedua model perhitungan tersebut, namun untuk model sewa kelola hanya diterapkan kepada transportir PT. Patra Niaga. Biaya transportasi yang ditagihkan adalah perjalanan dari Terminal *LPG Pressurized* menuju Stasiun Pengisian dan *skid tank* dalam keadaan terisi gas *LPG* yang akan diantar. Sehingga biaya transportasi diperoleh dari satuan biaya dikalikan dengan jarak dari Depot menuju Stasiun pengisian (jika *skid tank* yang digunakan akan mengantar ke lebih dari satu Stasiun Pengisian, maka akan ditambahkan jarak antar Stasiun Pengisian tersebut), kemudian dikalikan dengan volume LPG yang dibawa.

Tabel 4. 5 Perhitungan Biaya Transportasi

	TARIF	SEWA KELOLA
Formula	Km x MT x Rp. 1500*	Km x MT x Rp. 1200*
Keterangan	- Sudah termasuk biaya bensin dan supir - <i>Skid tank</i> milik transportir atau SPPBE	- Sudah termasuk biaya bensin dan supir - <i>Skid tank</i> milik transportir PT. Patra Niaga

*biaya yang dituliskan bukan merupakan biaya sebenarnya.

4.2 Pengolahan Data

Pada subbab ini akan dilakukan pembuatan *database* pada Microsoft Excel yang akan digunakan sebagai *input* dalam proses pembuatan *cluster* dan *decision support system*. Selanjutnya akan dilakukan pembuatan *regular cluster* dan *alternative cluster* dengan model transportasi, kemudian akan dilanjutkan dengan simulasi *monte carlo* untuk menghasilkan permintaan, selanjutnya dilakukan pembuatan *decision support system* dengan model VRP (*Vehicle Routing Problem*) pada VBA Excel Macro.

4.2.1 Pembuatan Database pada Microsoft Excel

Pada sub-subbab ini akan dilakukan pembuatan *database* pada Microsoft Excel yang nantinya akan digunakan sebagai *input* dalam pembuatan *cluster* dan *decision support system*.

4.2.1.1 Penggabungan Informasi

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan *database* yang mencakup informasi-informasi penting terkait pengolahan data berikutnya. Adapun informasi yang dimuat pada *database* meliputi kapasitas Depot, kode Depot dan Stasiun Pengisian, lokasi Depot dan Stasiun Pengisian, kelas jalan Stasiun Pengisian, satuan biaya transportasi Stasiun Pengisian, serta permintaan Stasiun Pengisian.

4.2.1.2 Perhitungan Jarak antara Stasiun Pengisian dan Depot

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan jarak antar Stasiun Pengisian dan Depot. Perhitungan jarak dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu Google Maps dan *Haversine Formula*. Perhitungan jarak dengan Google Maps dilakukan untuk menghitung jarak dari Depot ke Stasiun Pengisian yang akan digunakan sebagai *input* dalam membuat *cluster*, serta untuk menghitung jarak antar Stasiun Pengisian yang berada pada kota yang sama.

Sedangkan *Haversine Formula* akan digunakan untuk melakukan perhitungan jarak antar Stasiun Pengisian yang berada di kota berbeda, karena jalan ke luar kota cenderung lurus sehingga *circuitry factor*-nya kecil. *Haversine Formula* dilakukan dengan menggunakan data *latitude* dan *longitude* setiap Stasiun Pengisian dan Depot dari *database* yang telah dibuat sebelumnya. *Haversine Formula* telah mempertimbangkan lengkungan pada bumi yang bulat. *Haversine Formula* dapat dituliskan dengan *coding* yang akan di-*running* pada Microsoft Excel berdasarkan persamaan dibawah ini:

$$\Delta \text{latitude} = \text{latitude } 1 - \text{latitude } 2 \quad (4.1)$$

$$\Delta \text{longitude} = \text{longitude } 1 - \text{longitude } 2 \quad (4.2)$$

$$a = \sin^2\left(\frac{\Delta \text{lat}}{2}\right) + \cos(\text{lat } 1) \cdot \cos(\text{lat } 2) \cdot \sin^2\left(\frac{\Delta \text{long}}{2}\right) \quad (4.3)$$

$$c = 2 \cdot \text{atan2}(\sqrt{a}, \sqrt{(1-a)}) \quad (4.4)$$

$$d = R \cdot c \quad (4.5)$$

Keterangan:

- R = Jari-jari bumi (6.371 km)
- $\Delta \text{Latitude}$ = Besaran perubahan *latitude*
- $\Delta \text{Longitude}$ = Besaran perubahan *longitude*
- c = Kalkulasi perpotongan sumbu
- d = Jarak (km)

Berikut ini merupakan tampilan *input* data untuk perhitungan jarak dengan metode *Haversine Formula* pada VBA Excel Macro.

INPUT DATA			
No	ID Plan	Latitude	Longitude
1	G24E	-7.39158	108.52659
2	G24F	-6.705979	106.803297
3	G25B	-6.469923	106.728034
4	G25C	-6.390091	106.710581
5	G25I	-6.504433	106.883674
6	G262	-6.681404	106.849865
7	G26I	-6.52823	106.810396
8	G26P	-6.513163	106.758029
9	G271	-6.449612	106.939891
10	G27R	-6.681404	106.849865
11	G28B	-6.498234	106.808835
12	G28D	-6.658139	106.856439
13	G28Q	-6.570439	106.690056
14	G290	-6.440721	106.955091
15	G296	-6.468394	106.711959
16	G29A	-6.588084	106.820224
17	G29C	-6.435113	107.046028
18	G29N	-6.473199	107.084507
19	G29W	-6.638275	106.844702

Gambar 4. 2 Tampilan Halaman *Input Data Haversine Formula*

Berikut ini merupakan tampilan hasil matriks jarak dengan metode *Haversine Formula* pada VBA Excel Macro.

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
2	DM	G24E	G24F	G25B	G25C	G25I	G262	G26I	G26P	G271
3	G24E	0.0	204.9	223.4	229.3	208.4	201.3	212.4	218.5	204.1
4	G24F	204.9	0.0	27.5	36.8	24.1	5.8	19.8	22.0	32.3
5	G25B	223.4	27.5	0.0	9.1	17.6	27.1	21.2	5.8	23.5
6	G25C	229.3	36.8	9.1	0.0	23.0	35.9	18.9	14.7	26.2
7	G25I	208.4	24.1	17.6	23.0	0.0	20.0	8.5	13.9	8.7
8	G262	201.3	5.8	27.1	35.9	20.0	0.0	17.6	21.3	27.6
9	G26I	212.4	19.8	11.2	18.9	8.5	17.6	0.0	6.0	16.8
10	G26P	218.5	22.0	5.8	14.7	13.9	21.3	6.0	0.0	21.3
11	G271	204.1	32.3	23.5	26.2	8.7	27.6	16.8	21.3	0.0
12	G27R	201.2	5.8	27.1	35.9	20.0	0.0	17.6	21.3	27.6
13	G28B	214.0	23.1	9.5	16.2	8.3	20.9	3.3	5.9	15.5
14	G28D	201.5	7.9	25.3	33.9	17.4	2.7	15.3	19.4	25.0
15	G28Q	222.3	19.6	11.9	20.2	22.6	21.5	14.1	9.8	30.7
16	G290	203.1	33.9	25.3	27.6	10.6	26.2	18.7	23.2	1.9
17	G296	225.1	23.3	1.8	8.7	19.4	18.2	12.7	7.1	25.3
18	G29A	208.4	13.2	16.6	25.1	11.6	10.9	6.7	10.8	20.3
19	G29C	195.0	40.3	35.3	37.4	19.5	34.9	28.0	33.0	11.8
20	G29N	189.1	40.4	39.4	42.3	22.5	34.8	30.9	36.3	16.2
21	G29W	203.6	8.8	22.7	31.3	15.5	4.8	12.8	16.9	23.5
22	G29Y	204.1	32.3	25.3	26.2	8.7	27.6	16.8	21.3	0.0
23	G286	225.0	20.8	16.0	28.5	27.3	23.8	18.8	14.6	36.5
24	G289	220.1	35.3	7.9	2.7	23.6	35.0	18.6	13.8	27.7
25	G26A	13.3	191.6	210.3	216.3	193.4	187.9	199.2	205.1	191.1
26	G26G	6.4	199.8	217.9	223.7	200.9	196.0	206.9	212.8	198.4
27	G25H	187.0	37.9	59.3	67.0	45.0	34.4	48.3	53.6	47.1
28	G26Z	157.5	49.1	66.1	72.5	49.6	44.3	54.9	60.8	49.1
29	G277	153.6	41.9	60.8	67.9	45.3	37.7	49.7	55.3	46.1
30	G27D	153.6	41.9	60.8	67.9	45.3	37.7	49.7	55.3	46.1
31	G28G	157.5	49.0	66.1	72.6	49.7	44.5	54.9	60.8	49.2
32	G295	163.2	43.1	67.1	75.2	54.1	40.8	56.3	61.3	57.0
33	G263	197.2	63.3	52.8	51.3	40.7	58.1	48.6	52.3	32.0

Gambar 4. 3 Tampilan Halaman Hasil Matriks Jarak

Kemudian akan didapatkan matriks jarak berukuran 202 x 202 yang diperoleh dari hasil perhitungan jarak berdasarkan Google Maps, untuk menghitung jarak dari Depot ke Stasiun Pengisian dan jarak antar Stasiun Pengisian yang berada pada kota yang sama, serta hasil perhitungan jarak dengan *Haversine Formula* untuk menghitung jarak antar Stasiun Pengisian yang berada pada kota berbeda.

Tabel 4. 6 Matriks Jarak

DM	G201	G202	G207	G209	G301	G24E	G24F	...
G201	99999	99999	99999	99999	99999	170	246	...
G202	99999	99999	99999	99999	99999	298	85	...
G207	99999	99999	99999	99999	99999	405	167	...
G209	99999	99999	99999	99999	99999	140	250	...
G301	99999	99999	99999	99999	99999	112	451	...
G24E	167	308	424	144	112	99999	204.9	...
G24F	205	78	188	245	446	204.9	99999	...
G25B	230	56.9	183	270	99999	223.4	25.2	...
G25C	229	80	127	268	99999	229.3	27.6	...
G25I	208	55.6	170	247	371	206.4	15.8	...
G262	237	80	163	277	409	201.2	38.4	...
G26I	220	64	174	260	371	212.4	20.1	...
G26P	229	66.4	176	268	376	218.3	26.6	...
G271	197	51	158	237	372	204.1	13.9	...
G27R	237	80	163	277	409	201.2	38.5	...
G28B	217	63	177	257	374	214.0	16.7	...
G28D	235	69	179	275	427	201.5	36.7	...
G28Q	234	76	135	274	379	222.3	36.7	...
G290	195	50	155	235	369	203.1	16.2	...
G296	234	77	136	274	385	225.1	29.2	...
G29A	222	61	168	262	364	208.4	24	...
G29C	186	53	168	226	357	195.0	25.4	...
G29N	224	60.1	176	225	349	189.1	33.6	...
G29W	233	66	176	273	409	203.6	35.8	...
G29Y	197	51	158	237	372	204.1	13.9	...
...

4.2.2 Pembuatan Cluster

Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan *cluster*, dan akan dihasilkan 5 *cluster*, yang mana di setiap *cluster*-nya akan ada 1 Depot.

4.2.2.1 Pembuatan Model Transportasi pada LINGO

Pada bagian ini akan ditampilkan model transportasi yang telah dimodifikasi dengan menambahkan *constrain* 4.9 dan 4.10 untuk memastikan setiap Stasiun Pengisiannya hanya akan dipasok oleh satu Depot saja dalam setiap *running*-nya pada hasil *regular* dan *alternative cluster* tersebut. Berikut ini merupakan persamaan matematis yang digunakan.

Keterangan indeks:

i = $\{1, 2, \dots, m\}$; indeks sumber atau depot

j = $\{1, 2, \dots, n\}$; indeks tujuan atau stasiun pengisian

Parameter:

a_i = Jumlah kapasitas *supply* yang dimiliki sumber i

b_j = Jumlah permintaan pada tujuan j

M = Big M

Variabel keputusan:

c_{ij} = Biaya pengiriman produk dari sumber i ke tujuan j

x_{ij} = Jumlah produk yang dikirim dari sumber i ke tujuan j

s_{ij} = 1 jika tujuan j dipasok oleh sumber i , 0 jika sebaliknya

Objective function:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} \cdot s_{ij} \quad (4.6)$$

Subject to:

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq a_i, \text{ untuk setiap sumber } i = 1, 2, \dots, m \quad (4.7)$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, \text{ untuk setiap tujuan } j = 1, 2, \dots, n \quad (4.8)$$

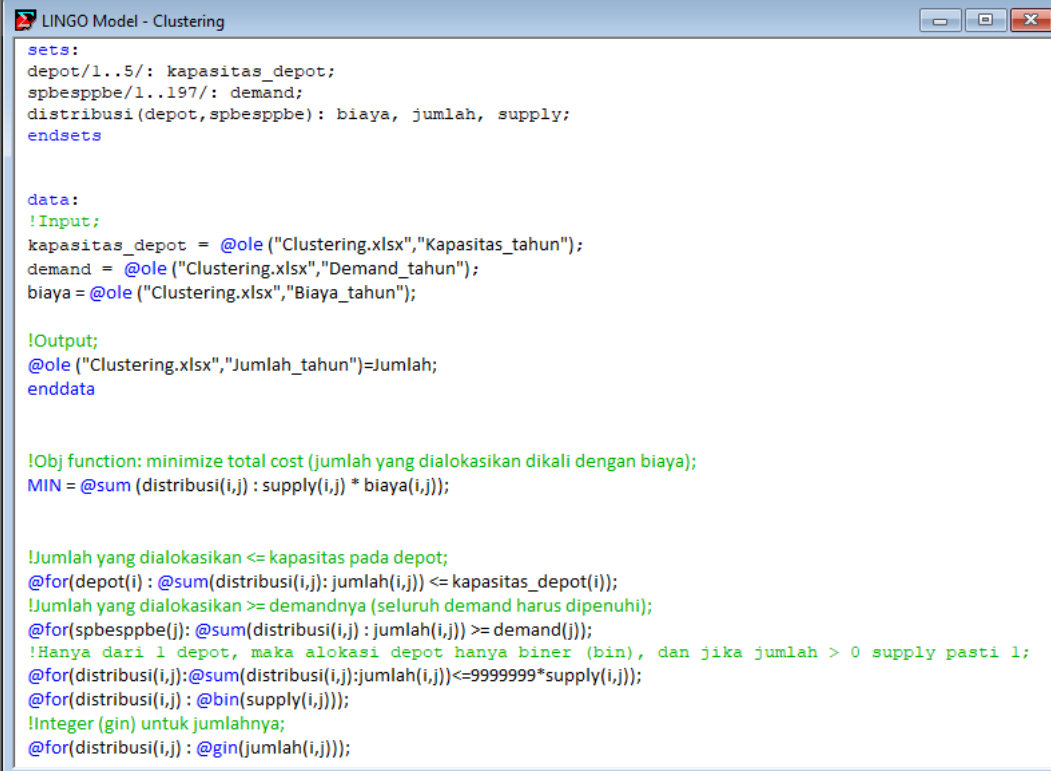
$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \leq M \times s_{ij}, \text{ untuk setiap tujuan } j = 1, 2, \dots, n \quad (4.9)$$

$$\sum_{i=1}^m s_{ij} = 1 \text{ atau } 0; \text{ binary, untuk setiap tujuan } j = 1, 2, \dots, n \quad (4.10)$$

$$x_{ij} \geq 0, \text{ untuk setiap sumber } i \text{ dan tujuan } j, \text{ integer} \quad (4.11)$$

Fungsi objektif pada Persamaan 4.6 memiliki tujuan untuk meminimumkan total biaya transportasi, yang mana total biaya transportasi per stasiun pengisiannya sudah mempertimbangkan x_{ij} (jumlah produk yang dipesan), satuan biaya transportasi, dan jarak dari sumber i menuju tujuan j . Sehingga ketika $s_{ij} = 1$ maka biaya transportasi untuk tujuan j tersebut berdasarkan hasil kali dari jumlah produk yang dipesan, satuan biaya transportasinya, dan jarak dari sumber i menuju tujuan j . Jika $s_{ij} = 0$, maka biaya transportasi untuk tujuan j tersebut 0. Kemudian Persamaan 4.7 hingga 4.11 menjelaskan mengenai *constrain* yang harus dipenuhi pada model ini. Persamaan 4.7 untuk memastikan jumlah produk yang dikirim dari sumber i harus kurang dari kapasitas pada sumber i . Persamaan 4.8 untuk memastikan permintaan dari tujuan j harus terpenuhi. Persamaan 4.9 dan 4.10 berfungsi untuk memastikan setiap tujuan j hanya boleh dipasok oleh satu sumber i , yang mana nilai s_{ij} biner (1 atau 0), jika nilai $s_{ij} = 1$, maka Persamaan 4.9 berfungsi untuk memastikan selama jumlah produk yang dialokasikan lebih dari 0 akan dipasok dari sumber i tersebut. Sedangkan jika $s_{ij} = 0$, maka tujuan j tersebut tidak akan dipasok oleh sumber i . Kemudian Persamaan 4.11 menjelaskan bahwa jumlah produk yang dialokasikan bernilai *integer*. Pada Gambar 4.4 di bawah ini,

merupakan persamaan matematis yang telah diterjemahkan menjadi *coding* yang digunakan pada *software* optimasi LINGO.



```
sets:
depot/1..5/: kapasitas_depot;
spbesppbe/1..197/: demand;
distribusi(depot,spbesppbe): biaya, jumlah, supply;
endsets

data:
!Input;
kapasitas_depot = @ole("Clustering.xlsx","Kapasitas_tahun");
demand = @ole("Clustering.xlsx","Demand_tahun");
biaya = @ole("Clustering.xlsx","Biaya_tahun");

!Output;
@ole("Clustering.xlsx","Jumlah_tahun")=Jumlah;
enddata

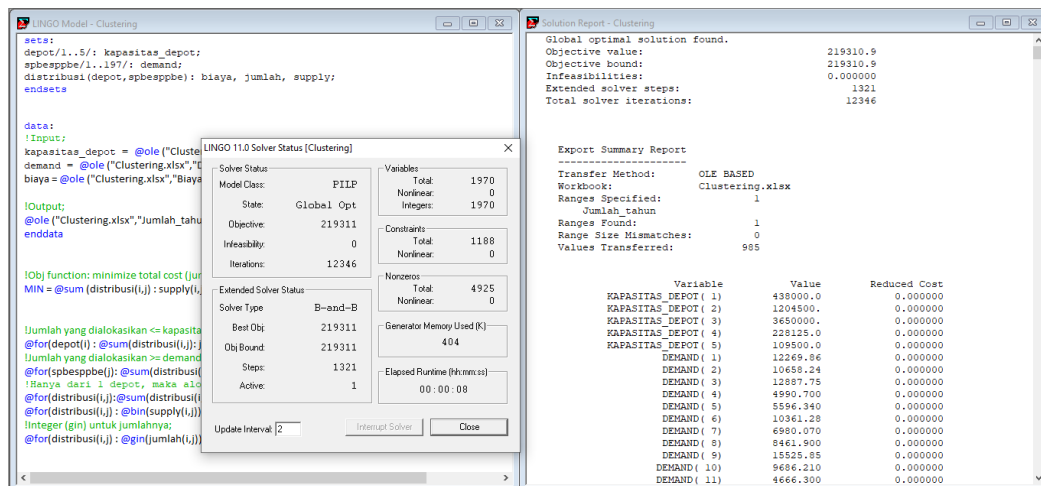
!Obj function: minimize total cost (jumlah yang dialokasikan dikali dengan biaya);
MIN = @sum(distribusi(i,j) : supply(i,j) * biaya(i,j));

!Jumlah yang dialokasikan <= kapasitas pada depot;
@for(depot(i) : @sum(distribusi(i,j):jumlah(i,j)) <= kapasitas_depot(i));
!Jumlah yang dialokasikan >= demandnya (seluruh demand harus dipenuhi);
@for(spbesppbe(j): @sum(distribusi(i,j) : jumlah(i,j)) >= demand(j));
!Hanya dari 1 depot, maka alokasi depot hanya biner (bin), dan jika jumlah > 0 supply pasti 1;
@for(distribusi(i,j):@sum(distribusi(i,j):jumlah(i,j))<=9999999*supply(i,j));
@for(distribusi(i,j) : @bin(supply(i,j)));
!Integer (gin) untuk jumlahnya;
@for(distribusi(i,j) : @gin(jumlah(i,j)));
```

Gambar 4. 4 Tampilan *Coding* Model pada LINGO

4.2.2.2 Verifikasi dan Validasi Model Transportasi

Verifikasi merupakan proses untuk memastikan model yang dibuat sudah layak dan tidak ada *error*. Tahap verifikasi ini akan dilakukan dengan melakukan *debug* pada model yang dibangun pada *software* optimasi LINGO. Gambar 4.5 menunjukkan hasil *debug* dan diketahui model yang dibangun telah layak dan memiliki solusi *global optimum*.



Gambar 4. 5 Hasil *Debug* Model Transportasi

Kemudian untuk tahap validasi dilakukan dengan validasi *input*, yaitu data *input* yang digunakan berdasarkan data *real*. Tahap validasi *input* dilakukan dengan melakukan *running* model yang telah dibangun pada *software* optimasi LINGO. Apabila hasil *output* dari model relevan atau tidak ada *constrain* yang dilanggar, maka model dapat dikatakan valid. Berikut ini merupakan *output* hasil *running* model pada *software* optimasi LINGO yang di-*export* pada Microsoft Excel untuk memudahkan penerjemahan hasil.

Depot	/tahun	G206	G240	G241	G243	G244	G246	G247	G248	G249	G24A	G24B
G201	Balangan	438000										
G202	Tanjung Priok	1204500										
G207	Tanjung Sekong	3650000										
G209	Cirebon	228125										
G301	Cilacap	109500										
TOTAL	5,630,125,00											
Biaya												
G201		4582.99	2658.66	2255.41	821.25	1154.79	1792.24	1130.38	1004.81	3048.50	2150.53	1547.92
G202		3637.55	334.07	3433.61	814.73	1118.25	426.26	1276.24	1447.87	609.70	569.26	847.09
G207		5480.96	2101.87	5150.41	1609.91	2024.54	1482.23	2379.27	2405.21	1743.00	2011.38	1273.69
G209		2499.81	3201.52	1986.11	840.80	1030.54	2218.51	1130.38	641.65	3629.17	2656.34	1791.69
G301		3461.28	1391952.22	1683123.32	651778.90	2302.28	968769.99	2479.54	1954.23	5864.73	4756.47	2492.52
Demand												
G206		12269.86	10658.24	12887.75	4990.7	5596.34	10361.28	6980.07	8461.9	15525.85	9686.21	4666.3
Yes/No												
G201	Balangan	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
G202	Tanjung Priok	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1
G207	Tanjung Sekong	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G209	Cirebon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
G301	Cilacap	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Gambar 4. 6 Tampilan Halaman *Input* dan *Output* Model Transportasi

Kemudian dilakukan *running* model untuk mendapatkan *regular cluster*, untuk *input regular cluster* yang digunakan berdasarkan data per tahun pada tahun 2019. Pada **Lampiran B** merupakan hasil *regular cluster* yang diajukan.

4.2.3 Pembuatan Regular dan Alternative Cluster

Selanjutnya dilakukan iterasi pada model yang telah dibangun sebelumnya, yaitu model untuk mencari *regular cluster*, untuk mendapatkan *alternatif cluster*. Namun untuk *input regular cluster* yang digunakan berdasarkan data per tahun pada tahun 2019, sedangkan untuk *alternative cluster* dilakukan iterasi menggunakan *input* data per minggu dan per hari selama tahun 2019, untuk meng-*capture* kemungkinan alokasi Stasiun Pengisian di setiap *cluster*-nya. Setelah dilakukan iterasi dan didapatkan *alternative cluster*, maka dapat dilakukan pembuatan peringkat untuk setiap *cluster regular* pada rancangan *alternative cluster* berdasarkan selisih jarak (jarak dari Depot *regular* menuju Stasiun Pengisian terkait, dikurangi jarak dari Depot *alternative* menuju Stasiun Pengisian terkait) yang dihasilkan jika Stasiun Pengisian tersebut dipindahkan ke *cluster* lain. Semakin besar nilai yang dihasilkan, maka opsi pemindahan Stasiun Pengisian tersebut akan semakin baik/tinggi peringkatnya.

Pada **Lampiran C** merupakan hasil *alternative cluster* yang didapatkan dan sudah berdasarkan urutan peringkat prioritas pemindahan. *Alternatif cluster* ini dapat digunakan jika terdapat Depot yang tidak bisa memenuhi permintaan dari *cluster*-nya, maka akan dipilih Stasiun Pengisian yang akan dialihkan dari Depot terkait berdasarkan *alternative cluster* dan peringkat prioritasnya.

4.2.4 Generate Data Permintaan Harian

Pada tahap ini akan dilakukan pembangunan model simulasi *monte carlo* untuk menghasilkan data permintaan harian sebagai *input* pada model VRP di *Decision Support System* dan untuk mengatasi permintaan harian yang tidak pasti (waktu pemesanan dan jumlahnya) dari setiap Stasiun Pengisian. Berikut ini merupakan tahap yang akan dilakukan dalam melakukan simulasi *monte carlo*.

4.2.4.1 *Fitting* Distribusi Permintaan Harian

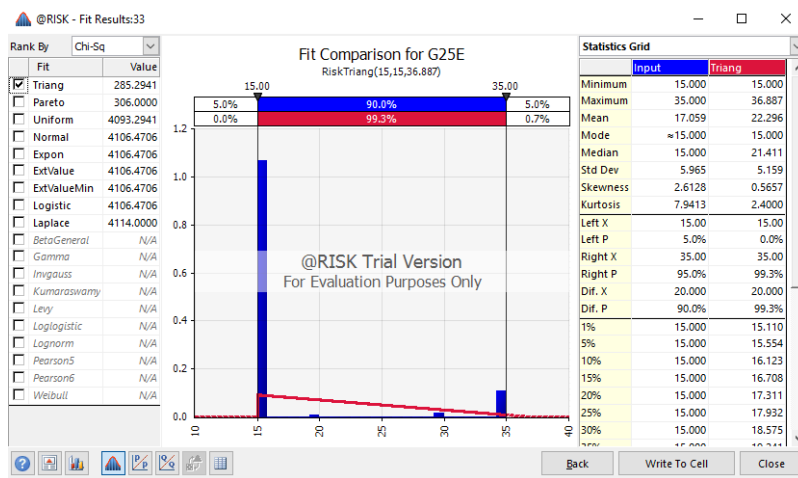
Fitting distribusi dilakukan terhadap data permintaan harian pada tahun 2019 untuk setiap Stasiun Pengisian. Pada penelitian ini, *fitting* distribusi dilakukan menggunakan @Risk. Sebelum melakukan *fitting* distribusi dengan @Risk, hari ketika tidak ada pemesanan dari Stasiun Pengisian terkait atau permintaannya sama dengan 0, maka akan pisahkan terlebih dahulu, kemudian akan dihitung peluang jika Stasiun Pengisian terkait melakukan pemesanan pada hari tersebut. Kemudian hari ketika tidak ada permintaan dari Stasiun Pengisian terkait sudah dihilangkan dari data permintaan harian, maka akan dilanjutkan dengan *fitting* distribusi menggunakan @Risk.

Distribusi permintaan bersifat diskrit, namun untuk penelitian ini ketika dilakukan perbandingan *error chi-square* dengan distribusi *continuous*, didapatkan *error chi-square* pada distribusi diskrit lebih besar. Sehingga jenis distribusi akan bersifat *continuous* dengan pilihan uniform, normal, dan triangular. Karena berdasarkan jenis persebaran data permintaan harian pada penelitian ini mayoritas mendekati ketiga distribusi tersebut.

Batas *allowance* nilai *chi-square error* berbeda-beda untuk setiap Stasiun Pengisiannya, dapat dihitung dengan fungsi =CHIINV(α ,df) pada Ms. Excel, nilai *alpha* sebesar 5% dan *degree of freedom* didapatkan dengan mengitung n atau total hari dilakukan pemesanan dikurangi 1. Dari ketiga jenis distribusi yang telah disebutkan sebelumnya, distribusi yang akan dipilih adalah distribusi dengan *chi-square error* terkecil.

Berikut ini merupakan contoh hasil dari *fitting* distribusi pada Stasiun Pengisian dengan *ID plant* G25E. Sebelumnya dilakukan perhitungan batas *allowance* nilai *error chi-square* untuk *ID plant* G25E, dan didapatkan nilai 346,73. Kemudian akan dipilih distribusi triangular karena memiliki nilai *chi-square error* terkecil jika dibandingkan dengan uniform dan normal, dan nilainya masih di dalam batas *allowance*. Kemudian untuk menghasilkan permintaannya, dimasukkan peluang acak, jika peluang acak kurang dari peluang adanya permintaan pada hari itu, maka permintaan akan berdasarkan angka acak dari distribusi terpilih. Sedangkan jika peluang acak lebih dari peluang adanya

permintaan pada hari itu, maka permintaan pada hari tersebut 0 atau tidak dilakukan pemesanan pada hari itu.



Gambar 4. 7 Contoh Hasil Fitting Distribusi pada G25E

Namun jika *chi-square error* dari ketiga distribusi tersebut tidak ada yang memenuhi batas *allowance*, maka akan dilakukan *fitting* distribusi dengan pendekatan probabilistik secara empiris. Untuk melakukan *fitting* distribusi secara empiris, pertama-tama dilakukan pengelompokkan data yang akan dicari distribusinya. Selanjutnya dilakukan perhitungan rata-rata, standar deviasi, dan probabilitas berdasarkan jumlah datanya, tahap ini dilakukan untuk setiap kelasnya. Kemudian dihitung kumulatif probabilitasnya, dan permintaan harian bisa didapatkan menggunakan distribusi normal dengan *input* kumulatif probabilitas, standar deviasi, dan rata-rata dari setiap kelasnya. Sehingga jika bilangan acak yang dihasilkan kurang dari kumulatif probabilitas kelas tersebut, maka distribusinya menjadi distribusi normal dengan standar deviasi dan rata-rata dari kelas tersebut. Berikut ini merupakan contoh perhitungan *fitting* distribusi dengan pendekatan probabilistik empiris pada *ID plant G24A*.

Tabel 4. 7 Contoh Fitting Distribusi secara Empiris pada G24A

G24A					
Range Data	Rata-Rata	Standar Deviasi	Jumlah	Probabilitas	Kumulatif Probabilitas
0	0.00	0.00	27	0.074	0.074
15-20	15.35	1.28	86	0.236	0.310

G24A					
Range Data	Rata-Rata	Standar Deviasi	Jumlah	Probabilitas	Kumulatif Probabilitas
29-35	30.26	1.34	199	0.545	0.855
44-66	47.40	5.47	53	0.145	1.000

Kemudian untuk *fitting* distribusi baik dengan metode teoritis maupun empiris, jika distribusi yang terpilih adalah distribusi normal, karena sifat distribusi normal yang memungkinkan munculnya nilai negatif, sedangkan karakteristik permintaan adalah bilangan positif, maka hasil *fitting* distribusi akan disesuaikan dengan mengubah nilai negatif menjadi nol. Pada **Lampiran D** akan ditampilkan data mengenai hasil *fitting* distribusi untuk setiap Stasiun Pengisiannya.

4.2.4.2 Perhitungan Replikasi pada Model *Monte Carlo*

Replikasi perlu dilakukan karena simulasi menganut sistem RIRO (*random input, random output*), di mana *input* dari simulasi yang bersifat acak akan menghasilkan *output* yang acak pula. Sehingga replikasi bertujuan untuk mengatasi hasil acak yang diakibatkan oleh variabilitas dari hasil distribusi bilangan acak dan untuk memastikan model simulasi mampu menggambarkan hasil dari sistem nyatanya. Pertama-tama akan ditetapkan tingkat *relative error* (γ) berbentuk persentase sebagai batas apakah jumlah replikasi yang akan dilakukan sudah cukup. Tingkat *relative error* yang ditetapkan disini sebesar 10%, dengan tingkat kepercayaan sebesar 90%. Pada simulasi ini ditetapkan dan dijalankan replikasi sebanyak n awal atau replikasi awal, pada penelitian ini yaitu 15 replikasi. Kemudian dihitung standar deviasi dan rata-rata nya sebagai *input* dalam menghitung *half width*, dengan rumus seperti pada Persamaan 4.12. Kemudian setelah didapatkan *half width*, maka akan dilihat apakah Persamaan 4.13 dipenuhi atau tidak. Jika Persamaan 4.13 dipenuhi, maka jumlah replikasi seperti n awal, namun jika Persamaan 4.13 tidak terpenuhi, maka akan dilakukan perhitungan n' atau jumlah replikasi yang baru dengan rumus seperti pada persamaan 4.14.

$$hw = \frac{\delta}{|\bar{x}|} = \frac{t_{n-1, 1-\alpha/2} \sqrt{\frac{s^2}{n}}}{|\bar{x}|} \quad (4.12)$$

$$hw \leq \gamma \quad (4.13)$$

$$n' = \left[\frac{(z_{\alpha/2})s}{\left(\frac{\gamma}{1+\gamma}\right)\bar{x}} \right]^2 \quad (4.14)$$

Tahap tersebut dilakukan untuk seluruh Stasiun Pengisian. Kemudian akan dipilih jumlah replikasi terbanyak untuk diterapkan kepada seluruh stasiun pengisian, dan didapatkan bahwa jumlah replikasi yang perlu dilakukan adalah sebanyak 56 replikasi. Pada **Lampiran E** dipaparkan standar deviasi, rata-rata, *half width*, dan n' yang diperlukan.

4.2.4.3 Validasi Model *Monte Carlo*

Validasi bertujuan untuk memastikan model simulasi yang telah dibangun sudah mampu menggambarkan keadaan sistem sebenarnya. Pada tahap validasi ini, digunakan *alpha* (α) sebesar 5% dan *confidence level* sebesar 95% dalam melakukan uji Student's-t, uji Student's-t digunakan untuk membandingkan apakah terdapat perbedaan antara model simulasi dengan keadaan sistem sebenarnya. Mula-mula ditentukan hipotesis nol dan hipotesis alternatif yang menggambarkan rata-rata *output* sistem nyata (μ_1) dan rata-rata *output* model simulasi (μ_2). Validasi dilakukan per Stasiun Pengisiannya dengan *output* model simulasi sebanyak hasil perhitungan replikasi, yaitu 56 hari. Sedangkan data *output* sistem nyata yang digunakan sebanyak 365 hari atau 1 tahun.

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_A: \mu_1 \neq \mu_2$$

Kemudian akan dihitung *pooled standard deviation*, yaitu standar deviasi gabungan dari kedua populasi dengan rumus seperti pada Persamaan 4.15 sebagai *input* untuk menghitung *t test*, nilai *t test* dihitung menggunakan rumus pada Persamaan 4.16, dengan nilai $\mu_1 - \mu_2 = 0$, sesuai dengan hipotesis nol. kemudian akan dicari nilai *t critical* menggunakan fungsi =T.INV.2T(α , df) pada Ms. Excel, dengan nilai α sebesar 5% dan nilai df diperoleh dari $(n_1 + n_2 - 2)$. kemudian akan didapatkan juga nilai *-t critical* nya.

$$s_p = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (4.15)$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{s_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (4.16)$$

$$-t_{critical} \leq t_{test} \leq t_{critical} \quad (4.17)$$

Model simulasi dikatakan valid jika persamaan 4.17 terpenuhi, yaitu nilai *t test* berada diantara nilai *-t critical* dan *t critical*. Validasi dilakukan untuk setiap Stasiun Pengisiannya hingga dinyatakan valid seluruh replikasinya, yaitu 56 hari.

4.2.5 Pembuatan Decision Support System

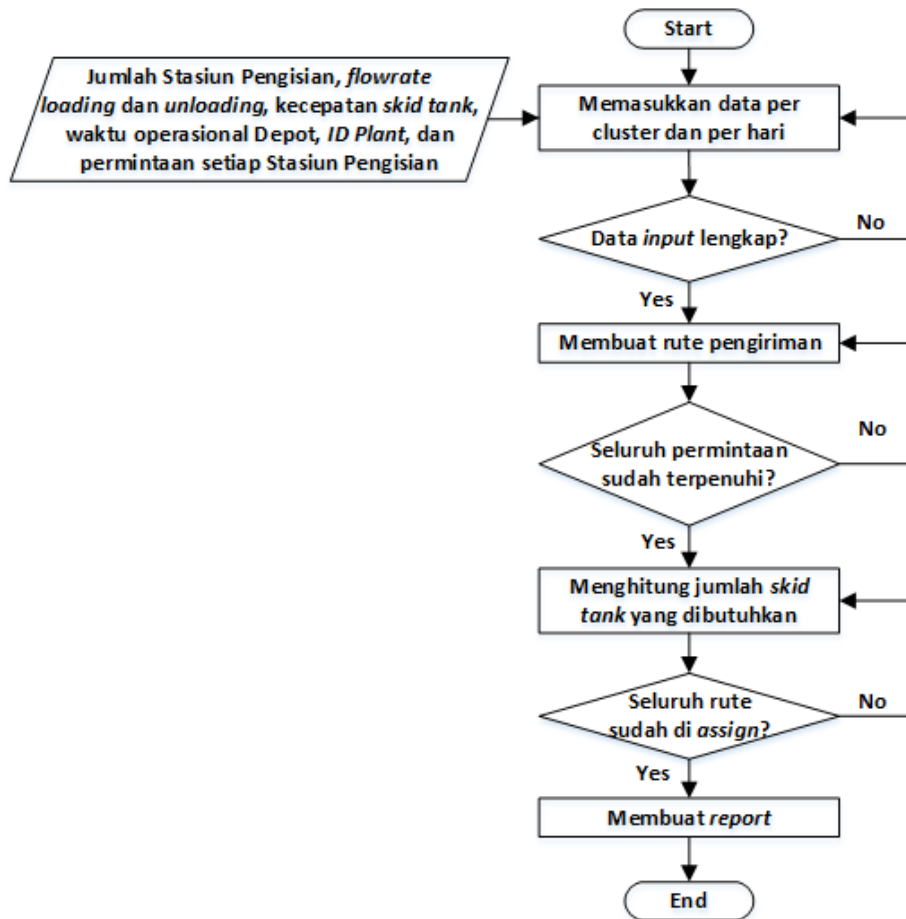
Pada tahap ini akan dilakukan pembuatan *decision support system* dengan model VRP (*Vehicle Routing Problem*) pada VBA Excel Macro untuk penentuan rute, penjadwalan, dan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan per hari dan *cluster* nya.

4.2.5.1 Model Konseptual

Model konseptual dibutuhkan untuk membantu mengembangkan cara berpikir dalam mereplikasi cara kerja sistem nyata sebelum diubah menjadi *computerized* model, terlebih karena pada penelitian ini digunakan metode *heuristic*. Model konseptual dari model VRP pada *decision support system* ini akan dijelaskan dalam beberapa poin berikut ini:

- a. *Model Objectives*: Menentukan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan per hari

- b. *Model Input*: Jumlah Stasiun Pengisian, *flowrate loading* dan *unloading*, kecepatan *skid tank*, waktu operasional Depot, *ID Plant*, dan permintaan setiap Stasiun Pengisian
- c. *Model Output*: *Routing*, *scheduling*, kebutuhan *skid tank*, serta total biaya transportasi, jarak, dan jam kerja setiap *skid tank*
- d. *Model Process* akan dijelaskan pada Gambar 4.8 berikut ini.



Gambar 4. 8 Model Konseptual

Pada Gambar 4.8 digambarkan keseluruhan proses yang akan dilakukan oleh *decision support system*. Mula-mula dikumpulkan data yang akan dibutuhkan sebagai *input* pada sistem, kemudian data tersebut dimasukkan per hari dan per *cluster*, karena model yang dibuat akan dijalankan per hari untuk setiap *cluster* nya. Setelah data yang dimasukkan sudah lengkap, maka akan dilakukan pembuatan rute pengiriman hingga seluruh permintaan terpenuhi.

Selanjutnya, setelah seluruh permintaan terpenuhi, maka akan dilakukan *leveling* rute pengiriman untuk melihat kebutuhan *skid tank* per harinya. *Leveling* rute dilakukan berdasarkan jenis ukuran dan kepemilikan setiap *skid tank*-nya, dengan *constrain* jam operasional pada Depot. Setelah seluruh rute di *assign*, maka akan dilakukan perhitungan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan untuk ditampilkan dalam bentuk *report*.

4.2.5.2 Algoritma Model VRP pada *Decision Support System*

Pada bagian ini akan dilakukan pembangunan model VRP pada VBA Excel Macro sebagai *decision support system*, berikut ini ditampilkan contoh tampilan *coding* yang dilakukan pada VBA Excel Macro.

```

Sub Routing_Report ()
    'Deklarasi beberapa variabel yang akan digunakan-----
    Dim jumlah_data, jumlah_st, route_no, start_node, next_node, visit_freq, demand_status, f_loading, f_unloading, truk_speed As Integer
    Dim old_v_capacity, v_capacity, current_capacity, total_capacity, best_distance, current_distance, worst_distance, total_distance As Double

    'Mengambil data input dari Data Excel-----
    jumlah_st = Sheet8.Cells(5, 5)
    f_loading = Sheet5.Cells(6, 5)
    f_unloading = Sheet5.Cells(7, 5)
    truk_speed = Sheet5.Cells(8, 5)
    worst_distance = 99999
    current_matrix = Sheet6.Range(Sheet6.Cells(6, 6), Sheet6.Cells(5 + jumlah_st + 1, 5 + jumlah_st + 1))

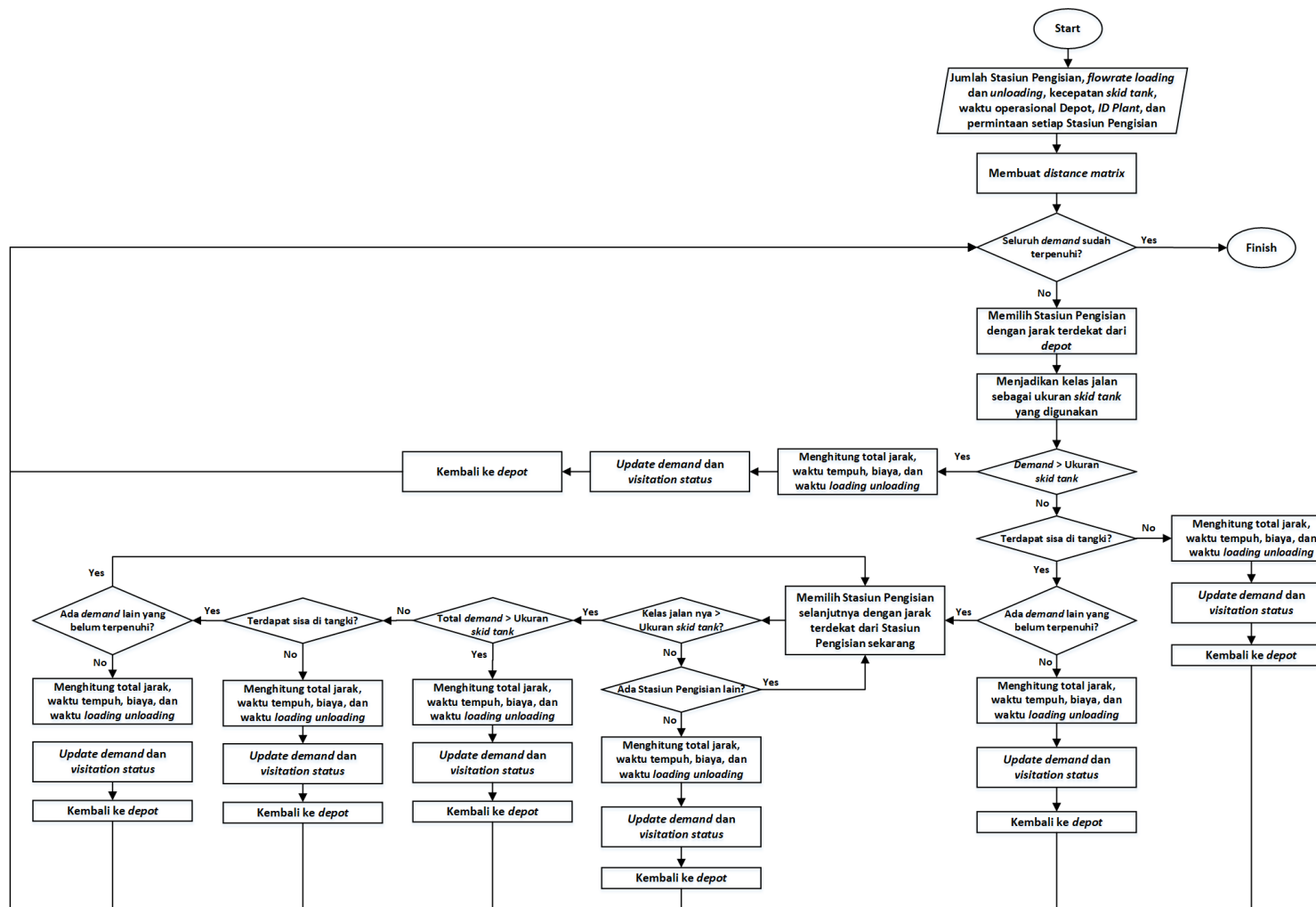
    'Menghapus data status lama-----
    i = 0
    s = 0
    While s = 0
        i = i + 1
        If Sheet8.Cells(4 + i, 4) <> "" Or _
           Sheet8.Cells(4 + i, 5) <> "" Then
            Else
                s = 1
                jumlah_data = i - 1
            End If
        Wend
        If jumlah_data > 0 Then
            Sheet8.Range(Sheet8.Cells(5, 4), Sheet8.Cells(jumlah_data + 4, 7)) = ""
        End If
    End Sub
    
```

Gambar 4. 9 Tampilan Halaman *Coding* VBA

Terdapat dua tahapan dalam memperoleh jumlah *skid tank* yang dibutuhkan per harinya, yang pertama adalah tahap pembuatan rute. Pada gambar 4.10 akan ditampilkan *flowchart* mengenai proses dalam pembuatan rute. Langkah pertama akan dimasukkan data-data yang dibutuhkan, seperti jumlah Stasiun Pengisian pada *cluster* tersebut, beserta *ID Plant* dan permintaannya pada hari tersebut, *flowrate loading* pada Depot, *flowrate unloading* pada Stasiun Pengisian, kecepatan *skid tank*, serta jam operasional pada Depot. Kemudian akan dibuat matriks jarak

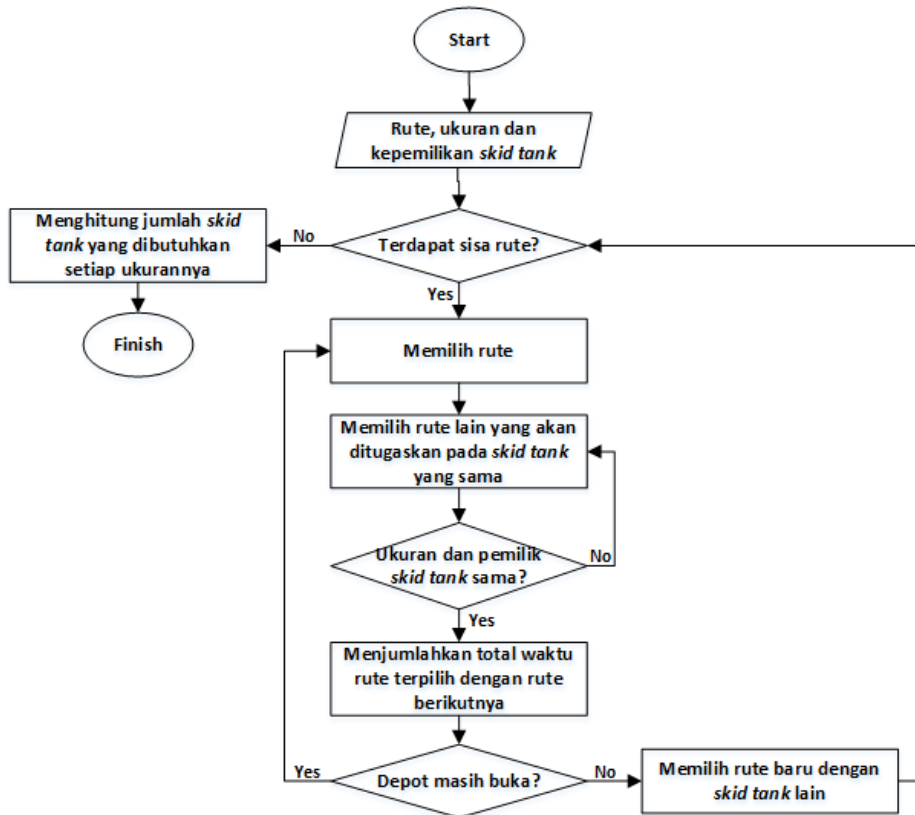
berdasarkan *ID Plant* yang dimasukkan. Selanjutnya akan dilakukan pembuatan rute dengan menggunakan pendekatan *Nearest Neighbor Heuristic Algorithm* untuk memilih Stasiun Pengisian terdekat sebagai Stasiun Pengisian yang akan dikunjungi lebih dahulu.

Kemudian dengan pendekatan HFVRP, akan ditentukan ukuran *skid tank* yang akan digunakan berdasarkan kelas jalan dan permintaan pada Stasiun Pengisian tersebut. Selanjutnya dengan pendekatan SDVRP, akan ditentukan apakah dibutuhkan *split delivery* atau tidak, jika permintaan dari Stasiun Pengisian terkait lebih besar dari ukuran *skid tank* yang digunakan, maka akan dibutuhkan *split delivery* dan sisa permintaan akan diperbarui. Namun jika tidak diperlukan *split delivery* dan terdapat sisa kapasitas pada tangki *skid tank*, maka dengan pendekatan CVRP dan *Nearest Neighbor Heuristic Algorithm*, akan dipilih Stasiun Pengisian lain untuk ditambahkan pada rute tersebut dengan syarat kelas jalan Stasiun Pengisian selanjutnya harus sama atau lebih besar dari ukuran skid tank yang digunakan, serta memerhatikan pendekatan SDVRP jika Stasiun Pengisian baru memiliki permintaan yang lebih besar dari sisa kapasitas pada tangki. Hal ini dilakukan hingga seluruh permintaan sudah terpenuhi.



Gambar 4. 10 Flowchart Pembuatan Rute pada VBA

Kemudian tahap yang kedua adalah tahap menetapkan rute mana saja yang dapat ditangani oleh *skid tank* terkait. Pada gambar 4.11 akan ditampilkan *flowchart* mengenai proses *scheduling* tersebut.



Gambar 4. 11 *Flowchart* Perhitungan Jumlah *Skid tank* (Per Hari) di VBA

Langkah awal untuk menentukan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan per hari adalah mengambil data mengenai rute, ukuran dan kepemilikan *skid tank* dari hasil *routing report* yang telah dibuat sebelumnya. Kemudian akan dilakukan pemilihan rute dengan mempertimbangkan VRPTW karena Depot memiliki jam operasional. Rute yang dapat digabungkan adalah rute dengan ukuran dan kepemilikan *skid tank* yang sama, sehingga dapat dikatakan rute-rute tersebut ditugaskan pada 1 *skid tank*. Rute dapat terus ditambahkan untuk ditugaskan pada 1 *skid tank* yang sama selama tidak melanggar *time window* yang ada, yaitu jam tutup di Depot. Jika *skid tank* tiba di Depot setelah Depot tutup, maka rute tersebut akan ditugaskan pada *skid tank* lainnya. Hal ini dilakukan hingga seluruh rute sudah di-*assign*.

4.2.5.3 Verifikasi dan Validasi Model VRP pada VBA

Verifikasi merupakan proses untuk memastikan model yang dibuat sudah layak dan tidak ada *error*, dan memastikan bahwa perhitungan yang dilakukan oleh *decision support system* sudah sesuai dengan perhitungan manual. Tahap verifikasi ini akan dilakukan dengan melakukan *debug* pada model VRP yang dibangun pada VBA Excel Macro, berikut ini digunakan 5 Stasiun Pengisian untuk memudahkan perbandingan hasil antara perhitungan manual dengan yang dilakukan oleh sistem. Pada halaman *input data*, kolom *code* (H), *open* (J), *close* (K), *fee* (L), dan *possible fleet size* (M) yang diisikan oleh sistem sudah sesuai dengan dengan hasil manual.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1													
2		INPUT DATA				Node	ID Plant	Code	Demand (MT)	Open	Close	Fee	Possible Fleet Size
3		Number of Filling Station	5			0	G202	2	0	300	1260	0	25
4		Flowrate Loading	48	MT/jam		1	G240	127	40	0	0	1500	21
5		Flowrate Unloading	45	MT/jam		2	G246	104	26	0	0	1200	15
6		Skid Tank Speed	40	Km/jam		3	G249	65	60	0	0	1200	15
7						4	G24A	111	22	0	0	1500	20
8						5	G24B	163	28	0	0	1500	15
9		DEPOT OPERATIONAL TIME		HOUR	MIN								
10		Open	5		0								
11		Close	21		0								

Gambar 4. 12 *Input Data Secara Manual*

Kemudian untuk matriks jarak yang dibuat oleh sistem juga sudah sesuai dengan hasil matriks jarak yang dibuat secara manual. Pada Gambar 4.13 ditampilkan matriks jarak yang diberi warna pada beberapa kolom untuk memudahkan proses pembuatan rute.

	B	C	D	E	F	G	H	I
1	From\To		0	1	2	3	4	5
2			2	127	104	65	111	163
3	0	2	99999	24.00	44.00	42.00	45.00	139.00
4	1	127	27.80	99999	19.24	18.81	18.31	78.79
5	2	104	22.90	19.24	99999	32.11	17.10	96.97
6	3	65	28.10	18.81	32.11	99999	36.31	79.78
7	4	111	36.20	18.31	17.10	36.31	99999	88.85
8	5	163	121.00	78.79	96.97	79.78	88.85	99999

Gambar 4. 13 *Penggunaan Matriks Jarak Secara Manual*

Kemudian seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.14, untuk proses pembuatan rute yang dilakukan oleh sistem juga sudah sesuai dengan pemilihan rute secara manual dengan mengikuti *flowchart* pada subbab sebelumnya. Berikut ini merupakan rumus yang diperlukan dalam melakukan perhitungan:

- **Distance** (kolom G) = Jarak dari Depot ke Stasiun Pengisian + jarak antar Stasiun Pengisian + jarak dari Stasiun Pengisian terakhir ke Depot
- **Travel Time** (kolom H) = $Distance / kecepatan\ skid\ tank \times 60$ (menit)
- **Loading Time** (kolom I) = $Load / flowrate\ loading \times 60$ (menit)
- **Unloading Time** (kolom J) = $Load / flowrate\ unloading \times 60$ (menit)
- **Transport Fee** (kolom K) = Satuan biaya (1200 atau 1500) \times load \times jarak dari Depot ke Stasiun Pengisian
- **Total Time** (kolom M) = $Travel\ time + loading\ time + unloading\ time$

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Node	ID	Remaining Demand	Size	Demand Status	Visitation Frequency						
2	0	G202	0	25								
3	1	G240	=40-21-19	21	Done	2						
4	2	G246	=26-15-11	15	Done	2						
5	3	G249	=60-15-15-15-15	15	Done	4						
6	4	G24A	=22-4-18	20	Done	2						
7	5	G24B	=28-15-13	15	Done	3						
8												
9	No	Route Node	Route ID	Skid Tank Size	Load	Distance (Jarak ke SP + Jarak ke Depot)	Travel Time (Distance / v * 60)	Loading Time (Load / Flowrate Load * 60)	Unloading Time (Load / Flowrate Unload * 60)	Transport Fee (Satuan Biaya * Load * Jarak ke SP)	Armada	Total Time (Travel + Load + Unload Time)
10	1	0-1-0	G202 - G240 - G202	21	21	=24+27.8	=51.8/40*60	=21/40*60	=21/40*60	=1500*21*24	ELPINDO	=77.7+26.25+28
11	2	0-1-0	G202 - G240 - G202	21	19	=24+27.8	=51.8/40*60	=19/40*60	=19/40*60	=1500*19*24	ELPINDO	=77.7+23.75+25.33
12	3	0-3-0	G202 - G249 - G202	15	15	=42+28.1	=70.1/40*60	=15/48*60	=15/40*60	=1200*15*42	PATRA NIAGA	=105.15+18.75+20
13	4	0-3-0	G202 - G249 - G202	15	15	=42+28.1	=70.1/40*60	=15/48*60	=15/40*60	=1200*15*42	PATRA NIAGA	=105.15+18.75+20
14	5	0-3-0	G202 - G249 - G202	15	15	=42+28.1	=70.1/40*60	=15/48*60	=15/40*60	=1200*15*42	PATRA NIAGA	=105.15+18.75+20
15	6	0-3-0	G202 - G249 - G202	15	15	=42+28.1	=70.1/40*60	=15/48*60	=15/40*60	=1200*15*42	PATRA NIAGA	=105.15+18.75+20
16	7	0-2-0	G202 - G246 - G202	15	15	=44+22.9	=66.9/40*60	=15/48*60	=15/40*60	=1200*15*44	PATRA NIAGA	=100.35+18.75+20
17	8	0-2-4-0	G202 - G246 - G24A - G202	15	=11+4	=44+17.1+36.2	=97.3/40*60	=15/48*60	=11+4/40*60	=1200*15*(44+17.1)	PATRA NIAGA	=145.95+18.75+20
18	9	0-4-0	G202 - G24A - G202	20	18	=45+36.2	=81.2/40*60	=18/48*60	=18/40*60	=1500*18*45	ELPINDO	=121.8+22.5+24
19	10	0-5-0	G202 - G24B - G202	15	15	=139+121	=260/40*60	=15/48*60	=15/40*60	=1500*15*139	SPPBE	=390+18.75+20
20	11	0-5-0	G202 - G24B - G202	15	13	=139+121	=260/40*60	=13/48*60	=13/40*60	=1500*13*139	SPPBE	=390+18.75+17.33
21												

Gambar 4. 14 Pembuatan Rute Secara Manual

Selanjutnya, seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.15, pemilihan rute untuk *leveling* yang dilakukan oleh sistem juga sudah sesuai dengan pemilihan rute secara manual dengan mengikuti *flowchart* pada subbab sebelumnya. Berikut ini merupakan rumus yang diperlukan dalam melakukan perhitungan:

- **Start Working** (kolom H) jika SPPBE = Jam buka Depot – *travel time* dari SPPBE terkait ke Depot
- **Start Working** (kolom H) jika bukan SPPBE = Jam buka Depot
- **Working Time** (kolom I) = $End\ working - start\ working$
- **End Working** (kolom J) = Jam buka Depot + *total time*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	N
	Route	Route Status	Skid Tank No.	Size Skid Tank	Route No.	Route	Start Working (Jam Buka atau jika SPPBE maka, (Jam Buka - Travel Time dari SPPBE ke Depot))	Working Time (End Working - Start Working)	End Working (Jam Buka Depot + Total Time)	Armada		
1	1	Ok	1	15	11 - 10	G202 - G24B - G202 G202 - G24B - G202	=300-(121/40*60)	=1152.33-118.5	=300+423.58+28.75	SPPBE		
2	2	Ok	2	20	9	G202 - G24A - G202	300	=468.3-300	=300+168.3	ELPINDO		
3	3	Ok	3	15	8 - 7 - 6 - 5 - 4 - 3	G202 - G246 - G24A - G202 G202 - G246 - G202 G202 - G249 - G202 G202 - G249 - G202 G202 - G249 - G202	300	=1199.4-300	=300+184.7+139.1+143.9+143.9+143.9	PATRA NIAGA		
4	4	Ok	4	21	2 - 1	G202 - G240 - G202 G202 - G240 - G202	300	=558.73-300	=300+126.78+131.95	ELPINDO		
5	5	Ok										
6	6	Ok										
7	7	Ok										
8	8	Ok										
9	9	Ok										
10	10	Ok										
11	11	Ok										
12												
13												

Gambar 4. 15 Pembuatan *Leveling* Rute Secara Manual

Kemudian seperti yang ditampilkan pada Gambar 4.16, untuk perhitungan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan juga sudah sesuai, untuk total biaya, total jarak, total waktu, dan total permintaan secara berurutan diperoleh dengan menambahkan kolom *transport fee* (K), *distance* (G), *total time* (M), dan *load* (F) dari rute ke-1 hingga rute ke-11 (terakhir) pada halaman pembuatan rute.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1											
2			SKID TANKS NEEDED					Total Cost	Rp	13,408,800	
3		Size	Total	SPPBE	ELPINDO	PATRA NIAGA		Total Distance	1149.40	Km	
4		11	0	0	0	0		Total Working Time	2178.76	Menit	
5		13	0	0	0	0		Demand	176	MT	
6		14	0	0	0	0					
7		15	2	1	0	1					
8		18	0	0	0	0					
9		20	1	0	1	0					
10		21	1	0	1	0					
11		25	0	0	0	0					

Gambar 4. 16 Report Hasil Secara Manual

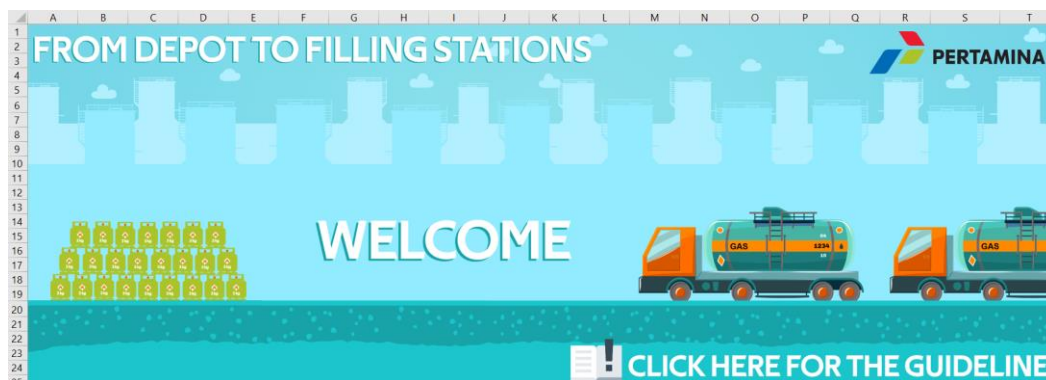
Hasil perhitungan yang dilakukan oleh sistem sesuai dengan hasil perhitungan secara manual yang didapat, sehingga *decision support system* yang telah dibangun dapat dikatakan sesuai. Untuk perhitungan yang dilakukan oleh sistem dapat dilihat pada Gambar 4.19 mengenai hasil *input* data, Gambar 4.20 mengenai matriks jarak yang dibangun, Gambar 4.21 mengenai hasil pembuatan rute, Gambar 4.22 mengenai hasil *leveling* rute, dan Gambar 4.23 mengenai *final report* jumlah *skid tank* yang dibutuhkan per hari nya.

Kemudian untuk tahap validasi dilakukan dengan validasi *input*, yaitu data *input* yang digunakan berdasarkan data *real*. Tahap validasi *input* dilakukan dengan

melakukan *running* model yang telah dibangun pada VBA Excel Macro. Apabila hasil *output* dari model relevan, sesuai dengan *flow* dari program yang telah dibuat, maka model dapat dikatakan valid. Program akan dijalankan per hari dan per *cluster* oleh pengguna.

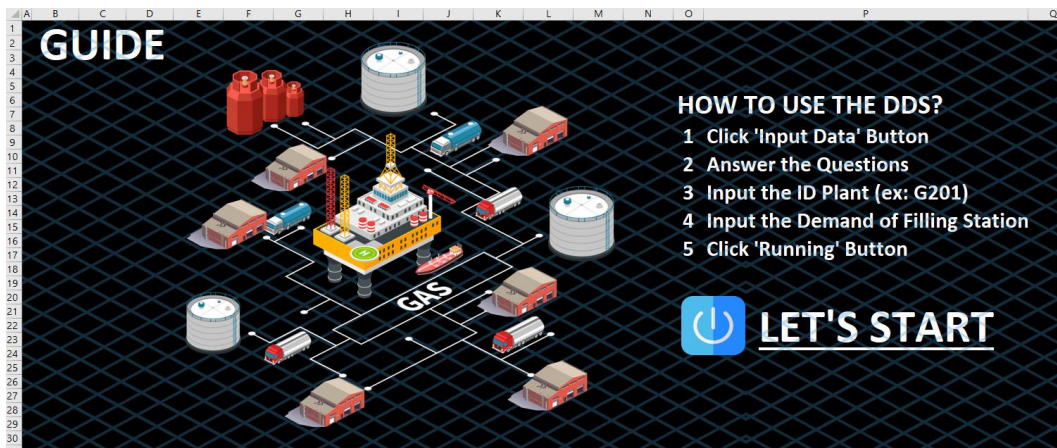
4.2.5.4 Interface Decision Support System pada VBA

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai tampilan dari *decision support system* yang telah dibangun. Berikut ini merupakan halaman selamat datang pada program *decision support system*. Untuk melihat panduan penggunaannya, pengguna harus menekan tombol *guide*, dan program akan secara *automatic* mengarahkan ke halaman *guideline*.



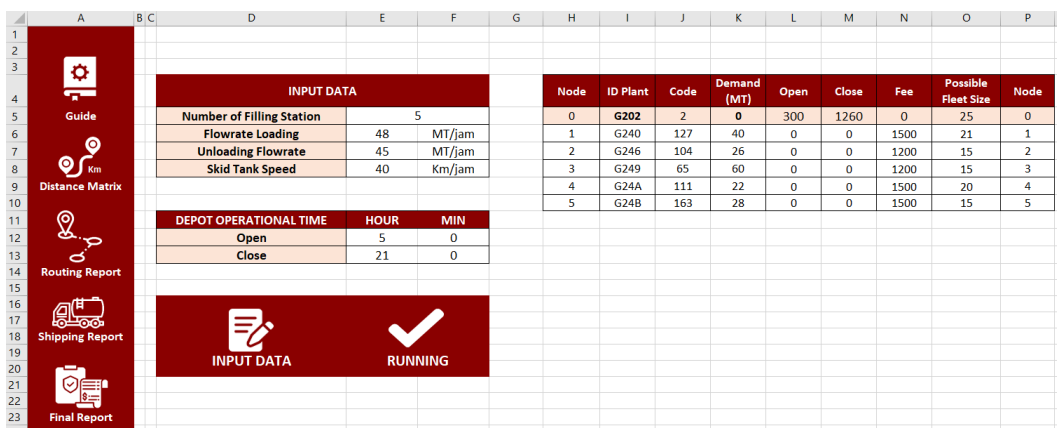
Gambar 4. 17 Tampilan Halaman Selamat Datang

Berikut ini merupakan tampilan pada halaman *guideline*, setelah memahami cara kerja program *decision support system*, pengguna dapat menekan tombol start untuk diarahkan ke halaman *input data*.








Gambar 4. 18 Tampilan Halaman *Guideline*

Pada tahap ini pengguna yang akan menjalankan model dapat menekan tombol *input* data dan mengisi pertanyaan yang ditampilkan, kemudian jawaban yang diberikan langsung *automatic* dituliskan pada kolom E dan F mengenai jumlah stasiun pengisian, *flowrate loading* dan *unloading*, kecepatan *skid tank*, serta waktu operasional di depot. Selanjutnya dilanjutkan dengan mengisi kolom I dan K mengenai *ID Plant* pada *cluster* ini, dan permintaan yang diajukan oleh Stasiun Pengisian di *cluster* tersebut pada hari itu. Selanjutnya untuk mendapatkan hasil *routing*, *scheduling*, dan perhitungan jumlah *skid tank*, pengguna dapat menekan tombol *running*.








Gambar 4. 19 Tampilan Halaman *Input Data*

Berikut ini merupakan tampilan halaman *distance matrix*, halaman ini menampilkan jarak antar Stasiun Pengisian dan Depot terkait.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1												
2												
3												
4	 Guide			From\To		0	1	2	3	4	5	
5				0	2	99999	24	44	42	45	139	
6				1	127	27.8	99999	19.24023	18.8127	18.31273	78.78805	
7				2	104	22.9	19.24023	99999	32.1089	17.1	96.96736	
8		 Input Data		3	65	28.1	18.81265	32.10889	99999	36.3063	79.78292	
9				4	111	36.2	18.31273	17.1	36.3063	99999	88.84645	
10			5	163	121	78.78805	96.96736	79.7829	88.84645	99999		
11												
12												
13	 Routing Report											
14												
15												
16												
17	 Shipping Report											
18												
19												
20												
21	 Final Report											
22												
23												
24												

Gambar 4. 20 Tampilan Halaman *Distance Matrix*

Kemudian pada halaman *routing report* akan ditampilkan hasil *routing* yang didapatkan.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S				
1																							
2																							
3																							
4	 Guide																						
5																							
6																							
7																							
8																							
9	 Input Data																						
10																							
11																							
12																							
13																							
14	 Distance Matrix																						
15																							
16																							
17																							
18																							
19	 Shipping Report																						
20																							
21																							
22																							
23																							
24	 Final Report																						
25																							
26																							
27																							
28																							

Gambar 4. 21 Tampilan Halaman Hasil *Routing*

Selanjutnya pada halaman *shipping report* akan ditampilkan hasil *leveling routing* sebagai bahan dalam menghitung jumlah *skid tank* yang akan dibutuhkan pada hari itu.

	Route	Route Status	Potential Status	Skid Tank No.	Size Skid Tank	Route	Start Working	Working Time	End Working	Fleet	Total Cost
5	1	1	1	1	15	G202 - G24B - G202	118.5	1033.83	1152.33	SPPBE	Rp 5,838,000
6	2	1	1	2	20	G202 - G24A - G202	300	168.3	468.3	ELPINDO	Rp 1,215,000
7	3	1	1	3	15	G202 - G246 - G24A - G202 G202 - G246 - G202 G202 - G249 - G202 G202 - G249 - G202 G202 - G249 - G202	300	899.4	1199.4	PATRA NIAGA	Rp 4,915,800
8	4	1	1	4	21	G202 - G240 - G202 G202 - G240 - G202	300	258.73	558.73	ELPINDO	Rp 1,440,000
9	5	1	1								
10	6	1	1								
11	7	1	1								
12	8	1	1								
13	9	1	1								
14	10	1	1								
15	11	1	1								

Gambar 4. 22 Tampilan Halaman Hasil *Leveling Routing*

Kemudian pada halaman terakhir, yaitu *final report* akan ditampilkan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan pada hari itu, total biaya transportasi, total jarak tempuh, total waktu, dan total jumlah permintaan seluruh Stasiun Pengisian pada *cluster* dan hari tersebut.

Size	Total	SPPBE	ELPINDO	PATRA NIAGA
11	0	0	0	0
13	0	0	0	0
14	0	0	0	0
15	2	1	0	1
18	0	0	0	0
20	1	0	1	0
21	1	0	1	0
25	0	0	0	0

Total Cost	Rp	13,408,800
Total Distance		1149.40 Km
Total Working Time		2178.76 Menit
Demand		176 MT

Gambar 4. 23 Tampilan Halaman *Final Report*

4.2.5 Running Model VRP pada VBA

Pada tahap ini akan dilakukan *running* model VRP pada *decision support system* yang telah dirancang sebelumnya. Berdasarkan hasil perhitungan replikasi pada simulasi *monte carlo*, dibutuhkan replikasi terbanyak yaitu 56 kali replikasi, sehingga akan dilakukan 56 replikasi untuk setiap *clusternya*. Permintaan dari setiap Stasiun Pengisian menggunakan hasil *generate random number* ketika simulasi *monte carlo*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab analisis dan interpretasi data ini akan dijelaskan mengenai hasil implementasi model dan analisis dari hasil implementasi model, serta dilengkapi dengan analisis sensitivitas terhadap kenaikan permintaan dan perubahan kecepatan *skid tank* yang bertujuan untuk menghasilkan perbaikan pada sistem saat ini.

5.1 Analisis Hasil R&A Cluster

Banyaknya jumlah Depot dan Stasiun Pengisian membuat pembentukan *cluster* menjadi lebih *complex*, terlebih terdapat komponen biaya transportasi yang harus dipertimbangkan seperti satuan biaya transportasi, jarak dari Depot menuju Stasiun Pengisian, serta jumlah permintaan dari Stasiun Pengisian terkait, serta kapasitas dari setiap Depot. Sehingga untuk meminimumkan biaya transportasinya diperlukan model transportasi untuk mempermudah proses perhitungan dan mendapatkan hasil *global optimum*. Namun, pada kondisi saat ini, pembuatan *cluster* masih menggunakan metode *heuristic* yang hanya berfokus pada jarak dari Depot menuju Stasiun Pengisian terkait, jumlah permintaan, dan kapasitas Depot, sehingga belum mempertimbangkan jumlah permintaan stasiun pengisian lainnya, sedangkan terdapat 196 Stasiun Pengisian lainnya yang harus dipertimbangkan, sehingga untuk meminimumkan biaya transportasi dirasa perlu mempertimbangkan jarak dari Depot, jumlah permintaan, dan satuan biaya transportasi dari Stasiun Pengisian lainnya juga. Berdasarkan formula untuk menghitung biaya transportasi, dapat diketahui bahwa biaya transportasi linear terhadap jarak, permintaan, dan satuan biaya transportasi. Maka ketika meminimumkan biaya transportasi, salah satu yang dapat diminimalkan adalah jarak dari Depot menuju Stasiun Pengisian.

Maka setelah didapatkan hasil *regular cluster* dari hasil *running* model transportasi, dilakukan perbandingan dengan *cluster* saat ini, dan didapatkan beberapa perbedaan alokasi dengan kondisi saat ini, beberapa sampel perbedaan alokasi yang didapat pada *regular cluster* dari hasil *running* model transportasi terhadap alokasi kondisi saat ini seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Perbandingan Alokasi *Cluster* saat ini dan *Regular Cluster*

<i>ID Plant</i>	<i>Cluster Saat Ini</i>		<i>Regular Cluster</i>		<i>Average Demand</i>	<i>Fee</i>
	<i>ID Depot</i>	<i>Jarak</i>	<i>ID Depot</i>	<i>Jarak</i>		
G25G	G202	82.2	G201	122	35.39	1500
G2B9	G202	53.7	G207	120	58.02	1200
G25H	G202	121	G207	208	29.90	1500
G24D	G207	118	G202	47.6	43.23	1500
G26D	G202	112	G207	21.3	42.59	1500
G25K	G202	173	G209	130	45.13	1500

Pada Tabel 5.1 ditunjukkan bahwa Stasiun Pengisian G25G lebih dekat dari G202 dibandingkan dari G201, namun hal tersebut tidak menutup kemungkinan untuk Stasiun Pengisian lebih efisien dari segi biaya transportasi, jika Stasiun Pengisian G25G mengambil dari G201 yang jarak nya lebih jauh, begitu pula untuk Stasiun Pengisian G2B9 dan G25H. Karena hal tersebut tidak menjamin jika Stasiun Pengisian terkait mengambil dari Depot terdekat akan menghasilkan biaya transportasi terkecil, karena perlu mempertimbangkan satuan biaya transportasi, lokasi, dan jumlah permintaan dari Stasiun Pengisian lainnya. Kemudian terdapat beberapa Stasiun Pengisian seperti G24D, G26D, dan G25K yang dipindahkan ke Depot terdekat.

Pertimbangan mengenai kapasitas dari Depot berperan penting dalam model transportasi, diketahui Depot G202 memiliki lokasi yang strategis namun kapasitasnya terbatas, sehingga dengan model transportasi ini dapat ditentukan Stasiun Pengisian mana saja yang diperbolehkan mengambil dari Depot G202 untuk mendapatkan biaya transportasi yang minimum. Sebagai contoh pada Tabel 5.1 dapat diketahui bahwa G2B9 dipindahkan dari G202 ke G207 yang lebih jauh, namun Stasiun Pengisian G2B9 memiliki satuan biaya transportasi yang lebih kecil (Rp.1200), kemudian sisa kapasitas dari Depot G202 tersebut dapat dialokasikan untuk Stasiun Pengisian G24D yang sebelumnya mengambil dari Depot G207 dan dengan satuan biaya transportasi yang lebih tinggi (Rp.1500), sehingga pemindahan Stasiun Pengisian G24D ke G202 dapat meminimumkan biaya transportasi yang dibutuhkan. Maka dapat dikatakan bahwa jarak dari Depot menuju Stasiun Pengisian terkait yang lebih dekat tidak akan menjamin total biaya transportasi yang

didapat akan minimum, karena perlu mempertimbangkan Stasiun Pengisian lainnya juga.

Karena penetapan *cluster* merupakan keputusan jangka panjang, maka *regular cluster* akan dibuat sebagai *cluster* tetap. Namun karena jumlah dan waktu pemesanan yang berbeda beda setiap harinya dari setiap Stasiun Pengisian yang ada, maka diperlukan *alternative cluster* untuk mengantisipasi jika terdapat Depot yang tidak bisa memenuhi permintaan dari Stasiun Pengisian pada *cluster* tersebut. *Alternative cluster* tidak menjamin biaya transportasi yang didapat akan minimum, karena jumlah permintaan dari setiap Stasiun Pengisian saat melakukan *running* model transportasi untuk *regular cluster* berbeda dengan saat ini. Namun dengan menggunakan *alternative cluster* dapat membantu menentukan Stasiun Pengisian mana saja yang dapat dialihkan dan akan dialihkan ke *cluster* mana, saat menggunakan *regular cluster* terdapat Depot yang tidak dapat memenuhi permintaan dari *cluster*-nya. Sehingga peningkatan biaya transportasi yang didapat tidak besar, karena *alternative cluster* didapat dengan melakukan *running* model transportasi dengan *input* scenario permintaan dari setiap Stasiun Pengisiannya yang beragam hingga didapatkan hasil *global optimum*.

Tabel 5. 2 Jumlah Alternatif Pemindahan pada *Alternative Cluster*

Dari	Ke	Jumlah <i>Alternative</i>	Dari	Ke	Jumlah <i>Alternative</i>
G201	G202	24	G209	G201	8
	G207	14		G202	14
	G209	7		G207	3
	G301	4		G301	3
G202	G201	4	G301	G201	6
	G207	72		G202	2
	G209	3		G207	1
	G301	0		G209	5

Berdasarkan Tabel 5.2, pada *alternative cluster* mayoritas pemindahan jika Depot G301 tidak dapat memenuhi permintaannya, akan dialihkan ke G209 dan G201, kemudian jika G209 tidak dapat memenuhi permintaannya akan dialihkan ke G201, selanjutnya jika G201 tidak dapat memenuhi permintaannya akan dialihkan ke G202, dan terakhir jika G202 tidak dapat memenuhi permintaannya

akan dialihkan ke G207 yang memiliki kapasitas yang sangat besar. Namun untuk urutan pemindahan tetap mengikuti *alternative cluster* yang telah diberikan peringkat berdasarkan jarak terdekatnya. Kemudian, karena setiap tahunnya terdapat perubahan jumlah Stasiun Pengisian dan tidak dapat di prediksi jumlah dan lokasinya, maka jika terdapat penambahan Stasiun Pengisian, akan dilakukan *running* model transportasi lagi untuk mendapatkan *alternative cluster* tambahan. Jika diberi *allowance* kapasitas pada setiap Depot, untuk keadaan saat ini akan mengakibatkan pengeluaran biaya transportasi menjadi lebih besar, karena tidak memaksimalkan penggunaan kapasitas Depot yang lokasinya strategis.

5.2 Analisis Hasil *Running Decision Support System*

Pada keadaan normal, proses *running decision support system* dilakukan sebanyak 56 kali untuk setiap *clusternya*. Banyaknya jumlah replikasi dipengaruhi oleh variasi dari *output*-nya, semakin tinggi variasinya, maka jumlah replikasi yang dibutuhkan juga semakin banyak, sehingga diharapkan hasil dari simulasinya dapat meng-*capture* kemungkinan-kemungkinan yang ada. Untuk keadaan normal, jam operasional Depot dan Stasiun Pengisian, *flowrate loading*, *flowrate unloading*, dan kecepatan *skid tank* mengikuti keadaan eksisting, begitu pula untuk permintaan dari setiap stasiun pengisiannya yang didapatkan dari hasil simulasi *monte carlo* dengan data permintaan historis satu tahun terakhir. Simulasi *monte carlo* dilakukan untuk mengatasi permintaan harian yang tidak pasti (waktu dan jumlahnya) dari setiap Stasiun Pengisian. Setelah didapatkan hasil *running decision support system* nya, didapatkan rute pengantaran untuk setiap ritasenya, dan diketahui bahwa rute pengantaran selalu berbeda, hal ini dikarena jumlah dan waktu pemesanan dari setiap stasiun pengisiannya berbeda setiap harinya.

Berdasarkan *hasil running decision support system* yang telah dibuat, jumlah *skid tank* yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan kebutuhan *skid tank* terbanyak dari 56 replikasi yang dilakukan agar dapat memenuhi seluruh permintaan pada hari tersebut, walaupun permintaannya diatas rata-rata, karena perusahaan memprioritaskan *order fulfillment rate*. Namun akan terdapat *trade off* antara *order fulfillment rate* dengan utilitas *skid tank*, hal ini terjadi karena jumlah dan waktu pemesanan dari setiap Stasiun Pengisian tidak menentu. Karena seluruh

permintaan harus dipenuhi, maka jumlah *skid tank* yang dibutuhkan akan berdasarkan kebutuhan skid tank terbanyak dari 56 replikasi tersebut, namun nantinya tidak semua utilitas *skid tank* akan tinggi, akan ada beberapa *skid tank* dengan utilitas yang tidak maksimal. Sehingga keputusan nantinya akan diserahkan kepada Perusahaan, dan jika memungkinkan perlu dilakukan penjadwalan pemesanan dari setiap Stasiun Pengisian agar jumlah dan waktu pemesanan dari setiap Stasiun Pengisian dapat di prediksi dan jumlah *skid tank* dapat disediakan sesuai dengan kebutuhannya, sehingga utilitas seluruh *skid tank* tinggi dan merata. Kemudian pada Tabel 5.3 ditampilkan detail jumlah *skid tank* yang dibutuhkan untuk area MOR III berdasarkan hasil *running decision support system* yang harus dipenuhi oleh SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga.

Tabel 5. 3 Jumlah *Skid Tank* yang Dibutuhkan MOR III

Ukuran	JUMLAH SKID TANK YANG DIBUTUHKAN			
	SPPBE	Elpindo	Patra Niaga	Total
11	8	0	4	12
13	4	2	0	6
14	2	0	0	2
15	95	11	45	151
18	8	0	4	12
20	11	11	5	27
21	2	4	0	6
25	5	0	0	5

Karena terdapat algoritma untuk melakukan *leveling* pada *decision support system*, maka *skid tank* akan digunakan secara maksimal, mulai dari jam buka Depot, hingga jam tutup Depot. Selama *skid tank* tiba di Depot sebelum jam tutupnya, maka *skid tank* dapat melakukan pengambilan, namun jika jam tutup sudah lewat, maka akan ditugaskan ke *skid tank* lainnya yang mulai bekerja sesuai dengan jam buka Depot, sehingga utilitas dari setiap *skid tank* yang dibutuhkan akan tinggi. Berdasarkan Tabel 5.3, diketahui 21 MT dan 25 MT jarang digunakan karena tidak banyak Stasiun Pengisian yang dapat dilalui oleh *skid tank* dengan ukuran tersebut. Kemudian untuk ukuran 15 MT banyak digunakan karena rata rata stasiun pengisian memiliki batas kelas jalan yang dapat dilewat maksimal dengan

skid tank berukuran 15 MT dan untuk Stasiun Pengisian yang memiliki batas kelas jalan lebih besar juga dapat dilewati oleh *skid tank* dengan ukuran 15 MT, sehingga ukuran 15 lebih sering dipilih.

Sedangkan ukuran 14, cenderung jarang digunakan karena Stasiun Pengisian dengan batas kelas jalan *skid tank* berukuran 14 MT hanya sedikit, kemudian pengantaran diutamakan menggunakan ukuran dengan size besar, hal ini dikarenakan oleh permintaan yang besar hingga dapat melebihi kapasitas maksimal *skid tank* yang ada, sehingga diperlukan beberapa kali pengantaran ke Stasiun Pengisian terkait, sehingga akan lebih efisien dari segi biaya investasi jika menggunakan *skid tank* dengan ukuran terbesar yang dapat mengantar ke Stasiun Pengisian terkait, karena dapat mengangkut banyak permintaan dalam 1 ritase untuk memenuhi permintaan dari Stasiun Pengisian terkait, dan *skid tank* dapat melakukan ritase setelahnya untuk memenuhi Stasiun Pengisian lain, sehingga jumlah *skid tank* yang dibutuhkan dapat ditekan. Pada Tabel 5.4 ditampilkan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan oleh setiap *cluster*-nya.

Tabel 5. 4 Jumlah *Skid Tank* yang Dibutuhkan Setiap *Cluster*-nya

Ukuran	JUMLAH SKID TANK YANG DIBUTUHKAN PER CLUSTER				
	G201	G202	G207	G209	G301
11	9	0	0	3	0
13	0	3	0	3	0
14	0	2	0	0	0
15	40	41	35	16	19
18	2	7	2	1	0
20	9	8	7	3	0
21	0	5	1	0	0
25	0	1	4	0	0

Berdasarkan Tabel 5.4, dapat diketahui bahwa *cluster* dengan kebutuhan *skid tank* terbanyak adalah *cluster* G202, hal ini dikarenakan kapasitas Depot G202 cukup besar, yaitu 3300 MT dan lokasi G202 cukup strategis, sehingga kapasitas di Depot G202 akan digunakan secara maksimal. Kemudian *cluster* dengan kebutuhan *skid tank* terbanyak lainnya adalah *cluster* G207, hal ini dikarenakan kapasitas di Depot G207 yang sangat besar, yaitu 10.000 MT, sehingga jika terdapat *cluster*

yang tidak dapat memenuhi permintaannya akan dialihkan ke *cluster* G207. Kemudian pada Tabel 5.5 akan ditampilkan jumlah *skid tank* saat ini.

Tabel 5. 5 Jumlah *Skid Tank* Saat Ini

Ukuran	JUMLAH SKID TANK SAAT INI			
	SPPBE	Elpindo	Patra Niaga	Total
11	18	0	13	31
13	8	0	0	8
14	4	0	0	4
15	196	11	54	261
18	4	0	0	4
20	12	15	0	27
21	1	2	0	3
25	3	0	0	3

*Kemungkinan jumlah *skid tank* saat ini telah mengalami perubahan

Kemudian pada Tabel 5.6 akan ditampilkan selisih jumlah *skid tank* saat ini dengan *skid tank* yang dibutuhkan, jika hasilnya positif dengan kolom berwarna putih, maka jumlah *skid tank* saat ini lebih banyak daripada jumlah *skid tank* yang dibutuhkan atau dapat dikatakan jumlah *skid tank* saat ini berlebih. Sedangkan jika hasilnya negative dengan kolom berwarna oranye, maka jumlah *skid tank* saat ini lebih sedikit daripada jumlah *skid tank* yang dibutuhkan atau dapat dikatakan jumlah *skid tank* dengan ukuran tersebut kurang.

Tabel 5. 6 Selisih Jumlah *Skid Tank* Saat Ini dan *Skid Tank* yang Dibutuhkan

Ukuran	SPPBE					Elpindo	Patra Niaga
	G201	G202	G207	G209	G301		
11	1	2	2	5	0	0	9
13	0	6	0	-2	0	-2	0
14	0	2	0	0	0	0	0
15	18	69	-4	15	3	0	9
18	0	-4	0	0	0	0	-4
20	-1	4	-2	0	0	4	-5
21	0	-1	0	0	0	-2	0
25	0	0	-2	0	0	0	0

Berdasarkan dokumen Panduan Angkutan Mobil Tangki LPG yang

dikeluarkan oleh Pertamina pada tahun 2014, diketahui bahwa *skid tank* memiliki umur pakai yaitu 10 tahun., maka untuk kekurangan *skid tank* dengan ukuran besar, seperti ukuran 18 MT, 20 MT, 21 MT, dan 25 MT, dapat di-cover dengan *skid tank* yang ada, seperti dengan *skid tank* milik SPPBE/Transportir lainnya dan/atau ukuran yang lebih kecil seperti ukuran 15 MT yang sangat banyak jumlahnya, hingga umur pakai *skid tank* tersebut habis.

Karena *skid tank* tidak bisa disewakan ke pihak eksternal, maka harus diminimalkan jumlahnya, agar biaya investasi yang dibutuhkan tidak besar dan dapat dibangun skema investasi untuk SPPBE agar dapat berinvestasi 1 *skid tank* oleh beberapa SPPBE, karena melihat Tabel 5.6, terdapat SPPBE yang memiliki *skid tank* berlebih, sedangkan di *cluster* lain ada sedikit kekurangan, sehingga seharusnya SPPBE SPPBE tersebut dapat melakukan *sharing skid tank* agar saling menguntungkan, yang mana permintaan SPPBE yang membutuhkan *skid tank* tambahan dapat terpenuhi, dan utilitas *skid tank* SPPBE lainnya meningkat serta mendapat penghasilan tambahan dengan menggunakan *skid tank*-nya.

Tabel 5. 7 Selisih Jumlah *Skid Tank* yang Dibutuhkan dengan Kebutuhan Rata-Rata

Ukuran	SPPBE	Elpindo	Patra Niaga	Total
11	2	0	3	5
13	1	0	0	1
14	0	0	0	0
15	19	4	15	38
18	2	0	1	3
20	3	2	1	6
21	0	0	0	0
25	2	0	0	2

Pada Tabel 5.7 ditampilkan selisih antara jumlah *skid tank* yang dibutuhkan dalam keadaan normal dengan kebutuhan *skid tank* rata-rata selama 56 replikasi. Diketahui bahwa tidak ada kekurangan *skid tank*, karena perhitungan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan berdasarkan kebutuhan maksimum selama 56 replikasi, hal ini dilakukan untuk meminimumkan potensi tidak terpenuhinya permintaan dari Stasiun Pengisian, karena *order fulfillment rate* menjadi prioritas utama.

Kemudian karena setiap tahunnya jumlah *skid tank* akan meningkat, maka

penambah *skid tank* sebaiknya dilakukan sedikit demi sedikit, tidak langsung berinvestasi untuk beberapa tahun kedepan, karena *skid tank* memiliki umur pakai selama 10 tahun saja, sehingga jika dilakukan investasi dari saat permintaan masih rendah, utilitas dan ROI (*Return of Investment*) yang didapat akan rendah, karena keuntungan dari menggunakan *skid tank* tersebut kecil akibat permintaan dan jumlah *skid tank* saat ini tidak seimbang, sedangkan modal yang dikeluarkan sama.

5.3 Analisis Sensitivitas

Setelah mendapatkan solusi dari model yang telah dibangun, akan dilakukan analisis sensitivitas untuk mengetahui perubahan solusi pada model, jika terdapat perubahan atau perbedaan nilai, karena dimasa yang akan datang, nilai dari parameter yang telah ditetapkan mungkin akan berubah ataupun terdapat kesalahan saat mengestimasi di awal, kemudian analisis sensitivitas juga digunakan untuk menjawab keraguan pada solusi yang berasal hanya dari 1 *input* saja, sedangkan terdapat *uncertainty* pada data yang digunakan. Pada penelitian ini, digunakan parameter kecepatan *skid tank* dan permintaan yang akan diubah untuk dianalisis dampaknya terhadap jumlah *skid tank* yang dibutuhkan.

5.3.1 Analisis Sensitivitas Kecepatan Skid Tank

Pada skenario ini digunakan kecepatan *skid tank* sebagai parameter untuk mengetahui perubahan solusi pada model. Kecepatan rata-rata *skid tank* sebesar 40 Km/Jam, namun pada penelitian ini akan dibagi 2 skenario kecepatan *skid tank*, yaitu sebesar 30 Km/Jam dan 20 Km/Jam. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah *skid tank* yang dibutuhkan jika *skid tank* tidak dapat melaju dengan kecepatan normal.

5.3.1.1 Analisis Sensitivitas Kecepatan Skid Tank 30 Km/Jam

Skenario pertama, yaitu kecepatan *skid tank* berubah menjadi 30 Km/Jam, untuk permintaan yang digunakan sama dengan keadaan normal, sehingga tidak ada perubahan *cluster*, maka perubahan dimulai dari proses penugasan *skid tank* pada *shipping report* di *decision support system*. Berikut ini merupakan hasil *running decision support system* yang dilakukan dengan kecepatan 30 Km/Jam.

Tabel 5. 8 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 30 Km/Jam

Ukuran	SPPBE			ELPINDO		
	Saat Ini	Normal	V = 30	Saat Ini	Normal	V = 30
11	18	8	10	0	0	0
13	8	4	7	0	2	3
14	4	2	2	0	0	0
15	196	95	137	11	11	13
18	4	8	9	0	0	0
20	12	11	16	15	11	16
21	1	2	2	2	4	6
25	3	5	7	0	0	0
Ukuran	PATRA NIAGA			TOTAL		
	Saat Ini	Normal	V = 30	Saat Ini	Normal	V = 30
11	13	4	4	31	12	14
13	0	0	0	8	6	10
14	0	0	0	4	2	2
15	54	45	59	261	151	209
18	0	4	6	4	12	15
20	0	5	6	27	27	38
21	0	0	0	3	6	8
25	0	0	0	3	5	7

Pada Tabel 5.8 ditampilkan perbandingan jumlah *skid tank* yang harus dipenuhi oleh SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga berdasarkan hasil *running decision support system*. Secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa untuk keadaan normal (kecepatan *skid tank* sebesar 40 Km/Jam) masih dapat dipenuhi dengan jumlah *skid tank* saat ini, sedangkan jika kecepatan *skid tank* sebesar 30 Km/Jam akan diperlukan penyesuaian penugasan *skid tank* agar tidak perlu melakukan penambahan *skid tank*, karena terdapat kekurangan *skid tank* dengan ukuran 13 MT, 18 MT, 20 MT, 21 MT, dan 25 MT. Namun terdapat *skid tank* berlebih dengan ukuran 11 MT sebanyak 16 *skid tank*, 14 MT sebanyak 2 *skid tank*, dan 15 MT sebanyak 52 *skid tank*.

Tabel 5. 9 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 30 Km/Jam di Setiap *Cluster*

Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G201		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G202	
	Normal	V = 30	Normal	V = 30
11	9	9	0	0
13	0	0	3	4
14	0	0	2	2
15	40	59	41	52
18	2	2	7	7
20	9	14	8	10
21	0	0	5	6
25	0	0	1	2
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G207		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G209	
	Normal	V = 30	Normal	V = 30
11	0	0	3	5
13	0	0	3	6
14	0	0	0	0
15	35	43	16	30
18	2	4	1	2
20	7	8	3	6
21	1	2	0	0
25	4	5	0	0
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301		Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan	
	Normal	V = 30	Normal	V = 30
11	0	0	12	14
13	0	0	6	10
14	0	0	2	2
15	19	25	151	209
18	0	0	12	15
20	0	0	27	38
21	0	0	6	8
25	0	0	5	7

Berdasarkan hasil *running decision support system* yang telah dibuat, jumlah *skid tank* yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan kebutuhan *skid tank* terbanyak dari 56 replikasi yang dilakukan agar dapat memenuhi seluruh permintaan pada hari tersebut, walaupun permintaannya diatas rata-rata. Kemudian berdasarkan Tabel 5.9, diketahui bahwa terdapat kenaikan jumlah *skid tank* yang

dibutuhkan, kenaikan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan terjadi di setiap *cluster*-nya. Kemudian untuk rute pengiriman akan selalu berubah, bahkan jika tidak melakukan perubahan kecepatan juga akan tetap berubah, karena jumlah dan waktu pemesanan dari setiap Stasiun Pengisian berbeda setiap harinya.

5.3.1.2 Analisis Sensitivitas Kecepatan *Skid Tank* 20 Km/Jam

Skenario kedua, yaitu kecepatan *skid tank* berubah menjadi 20 Km/Jam, untuk permintaan yang digunakan sama dengan keadaan normal, sehingga tidak ada perubahan *cluster*, maka perubahan dimulai dari proses penugasan *skid tank* pada *shipping report* di *decision support system*. Berikut ini merupakan hasil *running decision support system* yang dilakukan dengan kecepatan 20 Km/Jam.

Tabel 5. 10 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 20 Km/Jam

Ukuran	SPPBE			ELPINDO		
	Saat Ini	Normal	V = 20	Saat Ini	Normal	V = 20
11	18	8	10	0	0	0
13	8	4	7	0	2	4
14	4	2	3	0	0	0
15	196	95	167	11	11	19
18	4	8	10	0	0	0
20	12	11	21	15	11	19
21	1	2	3	2	4	8
25	3	5	9	0	0	0
Ukuran	PATRA NIAGA			TOTAL		
	Saat Ini	Normal	V = 20	Saat Ini	Normal	V = 20
11	13	4	4	31	12	14
13	0	0	0	8	6	11
14	0	0	0	4	2	3
15	54	45	72	261	151	258
18	0	4	8	4	12	18
20	0	5	7	27	27	47
21	0	0	0	3	6	11
25	0	0	0	3	5	9

Pada Tabel 5.10 ditampilkan perbandingan jumlah *skid tank* yang harus dipenuhi oleh SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga berdasarkan hasil *running decision*

support system. Secara keseluruhan, dapat diketahui bahwa untuk keadaan normal (kecepatan *skid tank* sebesar 40 Km/Jam) masih dapat dipenuhi dengan jumlah *skid tank* saat ini, sedangkan jika kecepatan *skid tank* sebesar 20 Km/Jam akan diperlukan penyesuaian penugasan *skid tank*, sehingga sulit dilakukan, karena terdapat banyak kekurangan *skid tank* dengan ukuran 13 MT, 18 MT, 20 MT, 21 MT, dan 25 MT. Namun terdapat *skid tank* berlebih dengan ukuran 11 MT, 14 MT, dan 15 MT.

Tabel 5. 11 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Keadaan Saat Ini, Normal, dan Kecepatan 20 Km/Jam di Setiap *Cluster*

Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G201		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G202	
	Normal	V = 20	Normal	V = 20
11	9	9	0	0
13	0	0	3	5
14	0	0	2	3
15	40	68	41	75
18	2	4	7	8
20	9	15	8	13
21	0	0	5	8
25	0	0	1	2
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G207		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G209	
	Normal	V = 20	Normal	V = 20
11	0	0	3	5
13	0	0	3	6
14	0	0	0	0
15	35	58	16	32
18	2	4	1	2
20	7	13	3	6
21	1	3	0	0
25	4	7	0	0
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301		Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan	
	Normal	V = 20	Normal	V = 20
11	0	0	12	14
13	0	0	6	11
14	0	0	2	3
15	19	25	151	258
18	0	0	12	18

Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301		Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan	
	Normal	V = 20	Normal	V = 20
20	0	0	27	47
21	0	0	6	11
25	0	0	5	9

Berdasarkan hasil *running decision support system* yang telah dibuat, jumlah *skid tank* yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan kebutuhan *skid tank* terbanyak dari 56 replikasi yang dilakukan agar dapat memenuhi seluruh permintaan pada hari tersebut, walaupun permintaannya diatas rata-rata. Kemudian berdasarkan Tabel 5.11, diketahui bahwa terdapat kenaikan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan, kenaikan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan terjadi di setiap *cluster*-nya. Kemudian untuk rute pengiriman akan selalu berubah, bahkan jika tidak melakukan perubahan kecepatan juga akan tetap berubah, karena jumlah dan waktu pemesanan dari setiap Stasiun Pengisian berbeda setiap harinya.

5.3.2 Analisis Sensitivitas Kenaikan Permintaan

Pada skenario ini digunakan jumlah permintaan sebagai parameter untuk mengetahui perubahan solusi pada model. Dilakukan analisis sensitivitas permintaan untuk 1 tahun dan 5 tahun kemudian, dengan asumsi setiap bulannya terdapat kenaikan permintaan sebesar 1% serta kapasitas setiap Depot dan biaya transportasi yang akan dibayarkan ke SPPBE atau transportirnya masih sama dengan kondisi saat ini. Hal ini dilakukan untuk mengetahui jumlah *skid tank* yang dibutuhkan pada tahun kedua dan keenam.

5.3.2.1 Analisis Sensitivitas Kenaikan pada Tahun Kedua

Skenario ketiga, yaitu jumlah permintaan pada tahun kedua, dengan asumsi terdapat peningkatan permintaan sebesar 1% setiap bulannya, sehingga dilakukan simulasi *monte carlo* untuk menghasilkan permintaan harian pada tahun kedua, dan diperlukan replikasi sebanyak 75 kali untuk setiap *cluster*-nya. Setelah didapatkan permintaan harian untuk tahun kedua, terdapat penyesuaian *cluster* karena beberapa Depot tidak dapat memenuhi permintaannya, sehingga perlu mengalihkan Stasiun Pengisian terpilih ke *cluster* lainnya berdasarkan *alternative cluster*. Berikut ini

merupakan hasil *running decision support system* yang dengan *input* permintaan pada tahun kedua.

Tabel 5. 12 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 2

Ukuran	SPPBE			ELPINDO		
	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-2
11	18	8	13	0	0	0
13	8	4	5	0	2	2
14	4	2	2	0	0	0
15	196	95	114	11	11	12
18	4	8	9	0	0	0
20	12	11	16	15	11	13
21	1	2	6	2	4	4
25	3	5	5	0	0	0
Ukuran	PATRA NIAGA			TOTAL		
	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-2
11	13	4	5	31	12	18
13	0	0	0	8	6	7
14	0	0	0	4	2	2
15	54	45	53	261	151	179
18	0	4	4	4	12	13
20	0	5	8	27	27	37
21	0	0	0	3	6	10
25	0	0	0	3	5	5

Pada Tabel 5.12 ditampilkan perbandingan jumlah *skid tank* yang harus dipenuhi oleh SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga, dapat diketahui bahwa secara keseluruhan, pada tahun pertama masih dapat dipenuhi dengan jumlah *skid tank* saat ini, sama halnya dengan tahun kedua yang masih dapat dipenuhi dengan jumlah *skid tank* saat ini, namun akan diperlukan penyesuaian penugasan *skid tank* agar tidak perlu melakukan penambahan *skid tank*, karena terdapat kekurangan *skid tank* dengan ukuran 18 MT, 20 MT, 21 MT, dan 25 MT. Namun terdapat *skid tank* berlebih dengan ukuran 11 MT sebanyak 13 *skid tank*, 13 MT sebanyak 1 *skid tank*, 14 MT sebanyak 2 *skid tank*, dan 15 MT sebanyak 82 *skid tank*.

Tabel 5. 13 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 2 di Setiap *Cluster*

Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G201		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G202	
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-1	Tahun ke-2
11	9	10	0	5
13	0	0	3	3
14	0	0	2	2
15	40	36	41	45
18	2	2	7	8
20	9	10	8	10
21	0	0	5	5
25	0	0	1	1
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G207		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G209	
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-1	Tahun ke-2
11	0	0	3	3
13	0	0	3	4
14	0	0	0	0
15	35	59	16	17
18	2	2	1	1
20	7	14	3	3
21	1	5	0	0
25	4	4	0	0
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301		Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan	
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-1	Tahun ke-2
11	0	0	12	18
13	0	0	6	7
14	0	0	2	2
15	19	22	151	179
18	0	0	12	13
20	0	0	27	37
21	0	0	6	10
25	0	0	5	5

Berdasarkan hasil *running decision support system* dengan *input* permintaan pada tahun kedua, jumlah *skid tank* yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan kebutuhan *skid tank* terbanyak dari 75 iterasi yang dilakukan agar dapat memenuhi seluruh permintaan pada hari tersebut, walaupun permintaannya diatas rata-rata. Kemudian berdasarkan Tabel 5.13, diketahui bahwa terdapat kenaikan jumlah *skid*

tank yang dibutuhkan di setiap *cluster*-nya. *Cluster* dengan peningkatan kebutuhan *skid tank* terbanyak adalah *cluster* G207, hal ini dikarenakan kapasitas di Depot 207 yang sangat besar, yaitu 10.000 MT, sehingga jika terdapat *cluster* yang tidak dapat memenuhi permintaannya akan dialihkan ke *cluster* G207. Sedangkan *cluster* lainnya sudah memanfaatkan kapasitasnya dengan maksimal karena lokasinya yang strategis ataupun karena kapasitasnya yang kecil dari tahun sebelumnya, sehingga peningkatan kebutuhan *skid tank* di *cluster* G201, G202, G209, dan G301 tidak signifikan seperti G207.

5.3.2.2 Analisis Sensitivitas Kenaikan Permintaan pada Tahun Keenam

Skenario keempat, yaitu jumlah permintaan pada tahun keenam, dengan asumsi terdapat peningkatan permintaan sebesar 1% setiap bulannya, sehingga dilakukan simulasi *monte carlo* untuk menghasilkan permintaan harian pada tahun keenam, dan diperlukan replikasi sebanyak 72 kali untuk setiap *cluster*-nya. Setelah didapatkan permintaan harian untuk tahun keenam, terdapat penyesuaian *cluster* karena beberapa Depot tidak dapat memenuhi permintaannya, sehingga perlu mengalihkan Stasiun Pengisian terpilih ke *cluster* lainnya berdasarkan *alternative cluster*. Berikut ini merupakan hasil *running decision support system* yang dengan *input* permintaan pada tahun keenam. Pemilihan tahun keenam karena, kapasitas total dari seluruh depot hanya mampu memenuhi permintaan pada tahun keenam atau ketika terjadi kenaikan permintaan sebesar 45% dari keadaan normal.

Tabel 5. 14 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 6

Ukuran	SPPBE			ELPINDO		
	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-6	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-6
11	18	8	26	0	0	0
13	8	4	7	0	2	9
14	4	2	7	0	0	0
15	196	95	222	11	11	24
18	4	8	16	0	0	0
20	12	11	38	15	11	28
21	1	2	8	2	4	15
25	3	5	7	0	0	0

Ukuran	PATRA NIAGA			TOTAL		
	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-6	Saat Ini	Tahun ke-1	Tahun ke-6
11	13	4	8	31	12	34
13	0	0	1	8	6	17
14	0	0	0	4	2	7
15	54	45	66	261	151	312
18	0	4	5	4	12	21
20	0	5	7	27	27	73
21	0	0	0	3	6	23
25	0	0	0	3	5	7

Pada Tabel 5.14 ditampilkan perbandingan jumlah *skid tank* yang harus dipenuhi oleh SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga, dapat diketahui bahwa secara keseluruhan, pada tahun pertama masih dapat dipenuhi dengan jumlah *skid tank* saat ini, namun pada tahun keenam sudah tidak dapat dipenuhi oleh jumlah *skid tank* saat ini karena peningkatan kebutuhan *skid tank* yang dibutuhkan terlalu besar. Maka diperlukan penambahan *skid tank* sebelum tahun keenam tersebut, namun penamhanan *skid tank* dapat dilakukan sedikit demi sedikit agar utilitas setiap *skid tank* dan ROI yang didapat tidak rendah.

Tabel 5. 15 Perbandingan Jumlah *Skid Tank* Saat Ini dan pada Tahun ke-1 & 6 di Setiap *Cluster*

Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G201		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G202	
	Tahun ke-1	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-6
11	9	15	0	9
13	0	0	3	4
14	0	0	2	1
15	40	33	41	61
18	2	3	7	10
20	9	9	8	22
21	0	0	5	3
25	0	0	1	1

Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G207		Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G209	
	Tahun ke-1	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-6
11	0	10	3	0
13	0	8	3	5
14	0	6	0	0
15	35	170	16	22
18	2	6	1	2
20	7	40	3	2
21	1	20	0	0
25	4	6	0	0
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301		Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan	
	Tahun ke-1	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-6
11	0	0	12	34
13	0	0	6	17
14	0	0	2	7
15	19	26	151	312
18	0	0	12	21
20	0	0	27	73
21	0	0	6	23
25	0	0	5	7

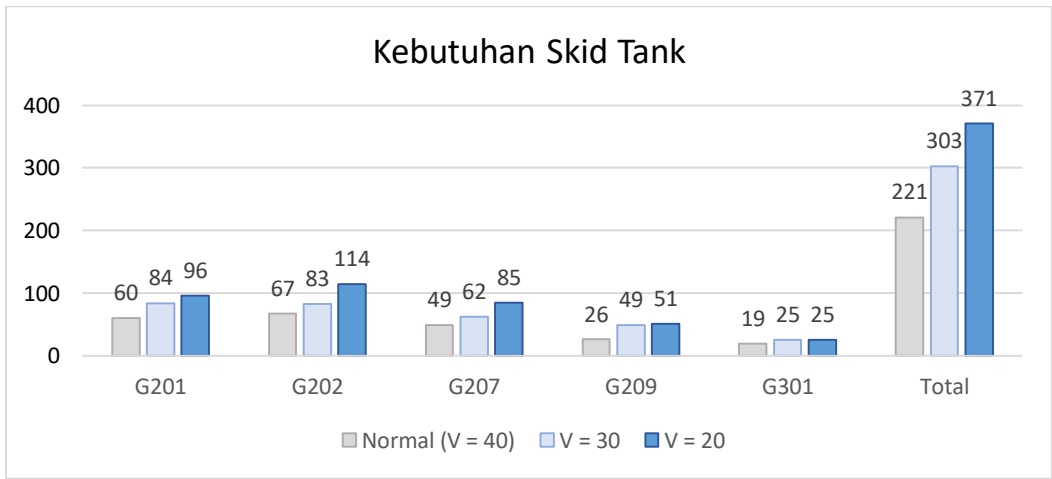
Berdasarkan hasil *running decision support system* dengan *input* permintaan pada tahun kedua, jumlah *skid tank* yang dibutuhkan ditentukan berdasarkan kebutuhan *skid tank* terbanyak dari 72 iterasi yang dilakukan agar dapat memenuhi seluruh permintaan pada hari tersebut, walaupun permintaannya diatas rata-rata. Kemudian berdasarkan Tabel 5.15, diketahui bahwa terdapat kenaikan jumlah *skid tank* yang cukup signifikan di setiap *cluster*-nya. *Cluster* dengan peningkatan kebutuhan *skid tank* terbanyak adalah *cluster* G207, hal ini dikarenakan kapasitas di Depot 207 yang sangat besar, yaitu 10.000 MT, sehingga jika terdapat *cluster* yang tidak dapat memenuhi permintaannya akan dialihkan ke *cluster* G207. Sedangkan *cluster* lainnya sudah memanfaatkan kapasitasnya dengan maksimal dari tahun-tahun sebelumnya karena lokasinya yang strategis ataupun karena kapasitasnya yang kecil, sehingga peningkatan kebutuhan *skid tank* di *cluster* G201, G202, G209, dan G301 tidak signifikan seperti G207.

5.4 Analisis Perbandingan Hasil Sensitivitas dan Keadaan Normal

Pada subbab ini akan dibahas mengenai perbandingan kebutuhan *skid tank* saat keadaan normal (tahun pertama dan dengan kecepatan *skid tank* sebesar 40 Km/Jam) dengan hasil analisis sensitivitas terhadap kecepatan dan permintaan dari Stasiun Pengisian, serta perbandingan hasil sensitivitas dari kedua parameter tersebut, yaitu kecepatan dan permintaan.

5.4.1 Analisis Perbandingan Kondisi Kecepatan Skid Tank 20 dan 30 Km/Jam dengan Kecepatan Normal (40 Km/Jam)

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap kecepatan *skid tank*, dengan mengubah kecepatan menjadi 30 Km/Jam dan 20 Km/Jam dari keadaan normal yaitu 40 Km/Jam, diketahui jumlah kebutuhan *skid tank* pun turut berubah. Pada Gambar 5.1 ditampilkan jumlah kebutuhan *skid tank* pada setiap *cluster*-nya.



Gambar 5. 1 Perbandingan Kebutuhan *Skid Tank* dengan Parameter Kecepatan

Berdasarkan Gambar 5.1, dengan jumlah permintaan yang sama, dapat disimpulkan bahwa semakin rendah kecepatan *skid tank*, maka semakin besar jumlah *skid tank* yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan dari Stasiun Pengisian. Kemudian pada Tabel 5.16 akan ditampilkan perbandingan kebutuhan *skid tank* yang harus dipenuhi oleh SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga ketika kecepatan *skid tank* normal (40 Km/Jam), 30 Km/Jam, dan 20 Km/Jam.

Tabel 5. 16 Perbandingan Kebutuhan *Skid Tank* dengan Parameter Kecepatan

Ukuran	SPPBE			ELPINDO		
	Normal	V = 30	V = 20	Normal	V = 30	V = 20
11	8	10	10	0	0	0
13	4	7	7	2	3	4
14	2	2	3	0	0	0
15	95	137	167	11	13	19
18	8	9	10	0	0	0
20	11	16	21	11	16	19
21	2	2	3	4	6	8
25	5	7	9	0	0	0
Ukuran	PATRA NIAGA			TOTAL		
	Normal	V = 30	V = 20	Normal	V = 30	V = 20
11	4	4	4	12	14	14
13	0	0	0	6	10	11
14	0	0	0	2	2	3
15	45	59	72	151	209	258
18	4	6	8	12	15	18
20	5	6	7	27	38	47
21	0	0	0	6	8	11
25	0	0	0	5	7	9

Berdasarkan Tabel 5.15, dapat diketahui bahwa perubahan kebutuhan *skid tank* akibat dari berubahnya kecepatan *skid tank* dirasakan oleh seluruh penyewa *skid tank*, yaitu SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga. Namun untuk beberapa kasus tidak mengalami penambahan jumlah *skid tank* walaupun kecepatan *skid tank* lebih lambat, hal ini dapat terjadi karena sebelumnya *skid tank* tersebut masih mampu melakukan ritase tambahan.

Sebagai contoh, berdasarkan hasil simulasi, *skid tank* milik Patra Niaga dengan ukuran 11 MT tidak melakukan penambahan jumlah *skid tank* walaupun kecepatan *skid tank* nya berubah menjadi lebih lambat, hal tersebut dapat terjadi karena ketika kecepatan 40 Km/Jam, terdapat 1 *skid tank* berukuran 11 MT yang hanya melakukan 1 ritase dengan jarak tempuh yang tidak jauh, sehingga masih dapat kembali ke Depot sebelum Depot tutup. Kemudian ketika kecepatan menjadi 30 Km/Jam, *skid tank* tersebut tiba di Depot sebelum Depot tutup, sehingga *skid tank* tersebut dapat melakukan ritase lagi. Maka ketika kecepatan menjadi 20 Km/Jam, yang mana membutuhkan tambahan 1 ritase untuk memenuhi permintaan

Stasiun Pengisian terkait, ritase tersebut dapat ditangani oleh *skid tank* yang sama, sehingga tidak perlu ada penambahan *skid tank*.

Tabel 5. 17 Perbandingan Kebutuhan *Skid Tank* dengan Parameter Kecepatan pada Setiap *Cluster*

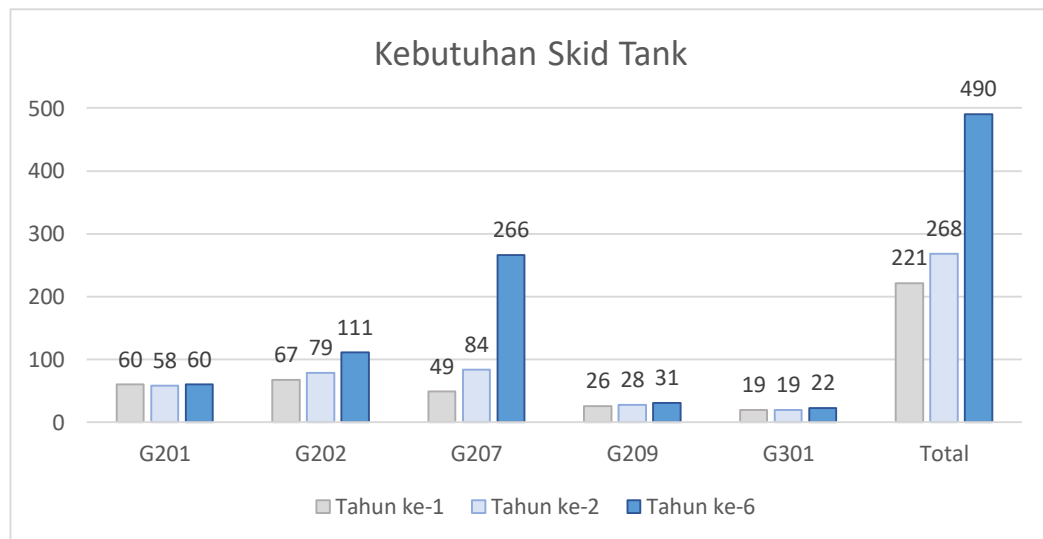
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G201			Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G202		
	Normal	V = 30	V = 20	Normal	V = 30	V = 20
11	9	9	9	0	0	0
13	0	0	0	3	4	5
14	0	0	0	2	2	3
15	40	59	68	41	52	75
18	2	2	4	7	7	8
20	9	14	15	8	10	13
21	0	0	0	5	6	8
25	0	0	0	1	2	2
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G207			Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G209		
	Normal	V = 30	V = 20	Normal	V = 30	V = 20
11	0	0	0	3	5	5
13	0	0	0	3	6	6
14	0	0	0	0	0	0
15	35	43	58	16	30	32
18	2	4	4	1	2	2
20	7	8	13	3	6	6
21	1	2	3	0	0	0
25	4	5	7	0	0	0
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301			Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan		
	Normal	V = 30	V = 20	Normal	V = 30	V = 20
11	0	0	0	12	14	14
13	0	0	0	6	10	11
14	0	0	0	2	2	3
15	19	25	25	151	209	258
18	0	0	0	12	15	18
20	0	0	0	27	38	47
21	0	0	0	6	8	11
25	0	0	0	5	7	9

Kemudian pada Tabel 5.17 ditampilkan perbandingan kebutuhan *skid tank* pada setiap *cluster*-nya ketika dilakukan sensitivitas pada parameter kecepatan.

Dapat diketahui bahwa kenaikan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan merata pada setiap *cluster*-nya, karena tidak ada perbedaan alokasi dan jumlah permintaan pada setiap *cluster*-nya, hal ini disebabkan oleh perubahan kecepatan yang berpengaruh mulai dari proses *leveling* pembuatan rute, yang sudah melewati proses *clustering*.

5.4.2 Analisis Perbandingan Kondisi Permintaan Tahun Pertama dengan Tahun Kedua dan Keenam

Berdasarkan hasil analisis sensitivitas terhadap perubahan permintaan pada tahun pertama, kedua, dan keenam, dengan asumsi terdapat peningkatan permintaan sebesar 1% setiap bulannya, sehingga permintaan setiap tahunnya akan bertambah. Pada Gambar 5.2 ditampilkan jumlah kebutuhan *skid tank* pada setiap *cluster*-nya.



Gambar 5. 2 Perbandingan Kebutuhan *Skid Tank* dengan Parameter Permintaan

Berdasarkan Gambar 5.2, diketahui bahwa semakin tinggi jumlah permintaan, jumlah *skid tank* yang dibutuhkan untuk memenuhi permintaan dari setiap Stasiun Pengisiannya pun turut meningkat. Kemudian karena terdapat asumsi tambahan mengenai kapasitas setiap Depot dan biaya transportasi yang akan dibayarkan ke SPPBE atau transportirnya masih sama dengan kondisi saat ini, maka penambahan *skid tank* maka *cluster* dengan peningkatan kebutuhan *skid tank* terbanyak adalah *cluster* G207, hal ini dikarenakan kapasitas di Depot 207 yang sangat besar, yaitu 10.000 MT, sehingga jika terdapat *cluster* yang tidak dapat memenuhi permintaannya akan dialihkan ke *cluster* G207. Sedangkan *cluster*

lainnya sudah memanfaatkan kapasitasnya dengan maksimal karena lokasinya yang strategis ataupun karena kapasitasnya yang kecil dari tahun sebelumnya, sehingga peningkatan kebutuhan *skid tank* di *cluster* G201, G202, G209, dan G301 tidak signifikan seperti G207. Namun tidak menutup kemungkinan jika kebutuhan *skid tank* pada Depot G201, G202, G209, dan G301 ikut bertambah akibat perubahan alokasi Stasiun Pengisian pada *cluster* tersebut, sehingga jaraknya bisa menjadi lebih jauh, yang akan memicu peningkatan kebutuhan *skid tank*, karena waktu untuk kembali ke Depot untuk melakukan ritase berikutnya menjadi lebih lama akibat jaraknya yang lebih jauh, sedangkan waktu operasional Depot tidak berubah, maka kemungkinan untuk melakukan jumlah ritase sama atau lebih dari tahun sebelumnya akan lebih kecil, sehingga sisa rute yang belum terpenuhi harus ditugaskan ke *skid tank* lainnya.

Tabel 5. 18 Perbandingan Kebutuhan *Skid Tank* dengan Parameter Permintaan

Ukuran	SPPBE			ELPINDO		
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6
11	8	13	26	0	0	0
13	4	5	7	2	2	9
14	2	2	7	0	0	0
15	95	114	222	11	12	24
18	8	9	16	0	0	0
20	11	16	38	11	13	28
21	2	6	8	4	4	15
25	5	5	7	0	0	0
Ukuran	PATRA NIAGA			TOTAL		
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6
11	4	5	8	12	18	34
13	0	0	1	6	7	17
14	0	0	0	2	2	7
15	45	53	66	151	179	312
18	4	4	5	12	13	21
20	5	8	7	27	37	73
21	0	0	0	6	10	23
25	0	0	0	5	5	7

Berdasarkan Tabel 5.18, dapat diketahui bahwa perubahan kebutuhan *skid tank* akibat dari meningkatnya permintaan dirasakan oleh seluruh penyewa *skid tank*, yaitu SPPBE, Elpindo, dan Patra Niaga. Namun untuk beberapa kasus tidak mengalami penambahan jumlah *skid tank* walaupun permintaan bertambah, hal ini dapat terjadi karena peningkatan permintaan tidak terlalu besar dan/atau terdapat *skid tank* yang kembali ke Depot sebelum Depot tutup, sehingga *skid tank* tersebut dapat melakukan ritase lagi untuk memenuhi permintaan Stasiun Pengisian terkait, sehingga tidak perlu ada penambahan *skid tank*

Tabel 5. 19 Perbandingan Kebutuhan *Skid Tank* dengan Parameter Permintaan pada Setiap *Cluster*

Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G201			Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G202		
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6
11	9	10	15	0	5	9
13	0	0	0	3	3	4
14	0	0	0	2	2	1
15	40	36	33	41	45	61
18	2	2	3	7	8	10
20	9	10	9	8	10	22
21	0	0	0	5	5	3
25	0	0	0	1	1	1
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G207			Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G209		
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6
11	0	0	10	3	3	0
13	0	0	8	3	4	5
14	0	0	6	0	0	0
15	35	59	170	16	17	22
18	2	2	6	1	1	2
20	7	14	40	3	3	2
21	1	5	20	0	0	0
25	4	4	6	0	0	0
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301			Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan		
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6
11	0	0	0	12	18	34
13	0	0	0	6	7	17

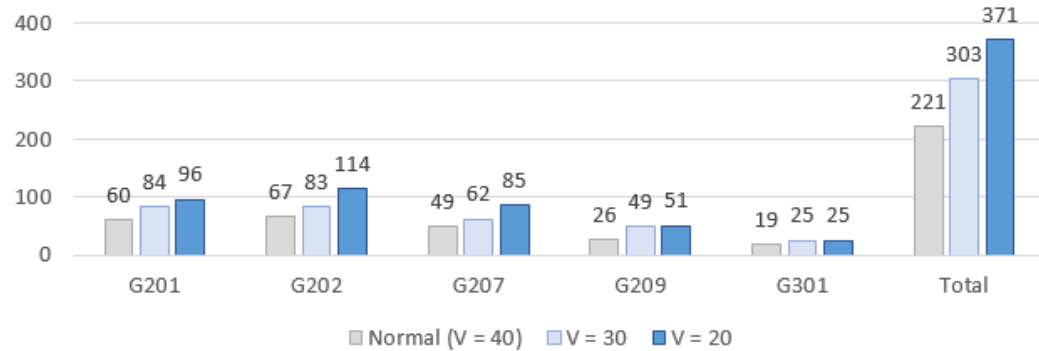
Ukuran	Total Kebutuhan <i>Skid Tank</i> di G301			Kebutuhan <i>Skid Tank</i> Keseluruhan		
	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6	Tahun ke-1	Tahun ke-2	Tahun ke-6
14	0	0	0	2	2	7
15	19	22	26	151	179	312
18	0	0	0	12	13	21
20	0	0	0	27	37	73
21	0	0	0	6	10	23
25	0	0	0	5	5	7

Kemudian pada Tabel 5.19 ditampilkan perbandingan kebutuhan *skid tank* pada setiap *cluster*-nya ketika dilakukan sensitivitas pada parameter permintaan. *Alternative cluster* lebih banyak digunakan untuk menangani permintaan pada tahun keenam, dibandingkan dengan tahun kedua yang permintaannya meningkat sebesar 11%, karena permintaan pada tahun keenam meningkat sebesar 45%, sehingga pada *cluster* dengan kapasitas Depot yang terbatas, jumlah Stasiun Pengisian yang dipenuhi permintaannya dari Depot tersebut tidak dapat sebanyak tahun sebelumnya, maka Stasiun Pengisian terpilih pada *cluster* tersebut dan akan dialihkan ke *cluster* lainnya dan jumlah stasiun pengisian pada *cluster* tersebut akan semakin dikit. Hal tersebut yang memicu jumlah *skid tank* yang dibutuhkan oleh *cluster* G209 sangat meningkat.

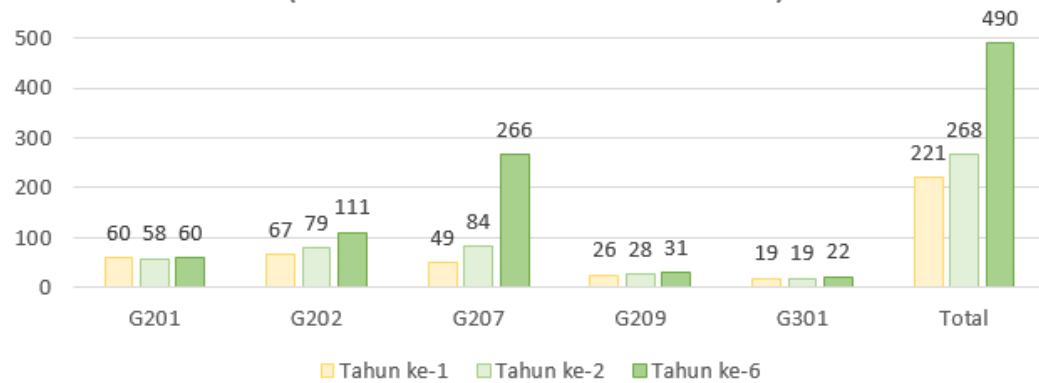
5.4.3 Analisis Perbandingan Perubahan Permintaan dan Kecepatan *Skid Tank*

Pada sub-subbab ini akan dilakukan perbandingan perubahan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan ketika dilakukan sensitivitas pada permintaan dan Kecepatan seperti yang ditampilkan pada Gambar 5.3 berikut ini.

Kebutuhan *Skid Tank* (Analisis Sensitivitas Kecepatan)



Kebutuhan *Skid Tank* (Analisis Sensitivitas Permintaan)



Gambar 5. 3 Perbandingan Kebutuhan *Skid Tank* dengan Parameter Sensitivitas Kecepatan dan Permintaan

Pada sensitivitas kecepatan peningkatan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan cenderung merata disetiap *cluster*-nya, sedangkan pada sensitivitas permintaan, peningkatan jumlah *skid tank* tidak merata di setiap *cluster*-nya, peningkatan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan pada *cluster* G201, G209, dan G301 tidak signifikan seperti pada G202 dan G209. Persebaran peningkatan jumlah *skid tank* yang merata pada sensitivitas kecepatan terjadi karena tidak ada perubahan permintaan, sehingga tidak ada perubahan perbedaan alokasi dan jumlah permintaan pada setiap *cluster*-nya, maka perubahan kecepatan berpengaruh mulai dari proses *leveling* pembuatan rute, yang sudah melewati proses *clustering*. Sedangkan pada sensitivitas permintaan, karena dilakukan perubahan pada

permintaan, maka akan dilakukan penyesuain *cluster* lagi untuk memastikan seluruh Depot dapat memenuhi permintaan dari Stasiun Pengisian di *cluster*-nya yang mengakibatkan adanya perubahan perbedaan alokasi serta jumlah permintaan pada setiap *cluster*-nya dan membuat perubahan jumlah permintaan disetiap tahunnya cenderung hanya bertambah di salah satu *cluster* saja.

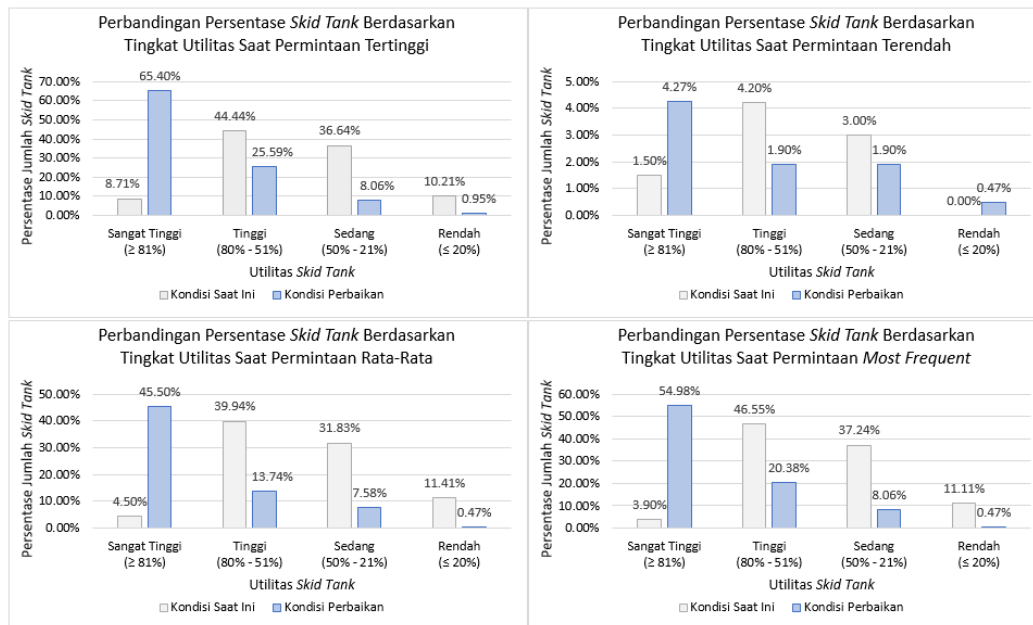
5.5 Perbandingan Kondisi Saat Ini dengan Kondisi Perbaikan

Pada Tabel 5.20 ditampilkan perbandingan hasil *running decision support system* dengan *input* beberapa hari dari data historis pengiriman pada tahun 2019 yang dibandingkan dengan hasil pembuatan rute manual yang dilakukan pada saat itu, hari yang dipilih adalah hari ketika jumlah permintaan tertinggi, jumlah permintaan terendah, jumlah permintaan rata-rata, dan jumlah permintaan yang sering dipesan. Perbedaan kondisi saat ini dan kondisi perbaikan yaitu, pada kondisi perbaikan telah menggunakan rancangan *cluster* baru (*regular dan alternative cluster*) yang diperoleh dari hasil *running* model transportasi, kemudian pada kondisi perbaikan telah menerapkan *sharing skid tank*, serta pada kondisi perbaikan memungkinkan untuk dilakukannya pengiriman ke lebih dari satu Stasiun Pengisian dalam satu ritase, dan pada kondisi perbaikan telah menerapkan *leveling* rute, sehingga *skid tank* dapat bekerja mengikuti jam operasional di Depot dan utilitasnya menjadi lebih tinggi dan jumlah *skid tank* yang dibutuhkan juga akan menurun, seperti yang ditunjukkan pada Tabel 5.20 berikut ini.

Tabel 5. 20 Perbandingan Utilitas dan Jumlah *Skid Tank* pada Kondisi Saat Ini dan Perbaikan

Parameter	Utilitas	Sangat Tinggi ($\geq 81\%$)	Tinggi (80% - 51%)	Sedang (50% - 21%)	Rendah ($\leq 20\%$)	Total
Permintaan Tertinggi	Kondisi Saat Ini	29	148	122	34	333
	Kondisi Perbaikan	138	54	17	2	211
Permintaan Terendah	Kondisi Saat Ini	5	14	10	0	29
	Kondisi Perbaikan	9	4	4	1	18
Permintaan Rata-Rata	Kondisi Saat Ini	15	133	106	38	292
	Kondisi Perbaikan	96	29	16	1	142
<i>Most Frequently</i>	Kondisi Saat Ini	13	155	124	37	329
	Kondisi Perbaikan	116	43	17	1	177

Namun pada kondisi perbaikan masih terdapat masih terdapat *skid tank* dengan utilitas yang rendah, hal ini dapat dikarenakan oleh tidak adanya Stasiun Pengisian lain yang dapat dilalui lagi dengan *skid tank* ukuran tersebut atau dikarenakan seluruh pesanan pada *cluster* tersebut sudah terpenuhi, sehingga tidak ada rute lanjutan. Hal yang sama juga terjadi untuk *skid tank* dengan utilitas yang sedang. Kemudian untuk *skid tank* dengan utilitas yang tinggi cenderung tidak dapat mengantar pesanan selanjutnya karena tiba di Depot ketika Depot sudah tutup, salah satu penyebabnya adalah karena jarak tempuh dari Stasiun Pengisian terakhir ke Depot cukup jauh, sehingga memakan waktu lebih lama.



Gambar 5. 4 Perbandingan Persentase Jumlah *Skid Tank* Berdasarkan Tingkat Utilitasnya

Pada Gambar 5.4 dibawah ini dapat diketahui bahwa pada kondisi perbaikan, berapa pun jumlah permintaannya, jumlah *skid tank* dengan utilitas sangat tinggi (utilitas diatas 80%) akan meningkat, sedangkan jumlah *skid tank* dengan utilitas rendah akan menurun. Hal ini dikarenakan oleh adanya algoritma *leveling rute* pada *Decision Support System*. Kemudian pada Tabel 5.21 akan ditampilkan mengenai penghematan yang didapatkan ketika menerapkan kondisi perbaikan.

Tabel 5. 21 Perbandingan Jumlah *skid Tank* dan Biaya Transportasi pada Kondisi Saat Ini dan Perbaikan

Parameter		Kebutuhan		Penghematan
		Kondisi Saat Ini	Kondisi Perbaikan	
Jumlah <i>Skid Tank</i> Saat Permintaan	Tertinggi	333	211	122
	Terendah	29	18	11
	Rata-Rata	292	142	150
	<i>Most Frequent</i>	329	177	152
Total Biaya (/Tahun)		Rp 295,144,456,325	Rp 256,609,823,487	Rp 38,534,632,837

Berdasarkan Tabel 5.21, diketahui bahwa didapatkan penghematan sebesar Rp. 38.534.632.837 dengan menggunakan kondisi perbaikan selama satu tahun. Hal ini dapat terjadi karena menggunakan rancangan *cluster* baru yang telah dibangun menggunakan model transportasi. Kemudian diketahui pula bahwa jumlah *skid tank* yang digunakan pada saat itu sangat berlebih, namun jika pada kondisi perbaikan terdapat kekurangan *skid tank* dengan ukuran besar, kekurangan tersebut dapat ditutupi menggunakan *skid tank* dengan ukuran yang lebih kecil. Pada kondisi perbaikan, jumlah *skid tank* dapat berkurang karena telah menerapkan *sharing skid tank* yang memungkinkan *skid tank* milik SPPBE terkait dan transportir melayani Stasiun Pengisian lain yang bukan tanggung jawab utamanya. Kemudian untuk pemilihan *skid tank* yang digunakan bergantung dengan ukuran kelas jalan dari Stasiun Pengisian terkait, *decision support system* akan memilih untuk menugaskan *skid tank* dengan ukuran maksimum yang dapat melalui kelas jalan tersebut, jika permintaan lebih besar dari ukuran *skid tank*, karena akan meminimumkan jumlah ritase ke Stasiun Pengisian yang sama, dan jika permintaan lebih kecil dari ukuran *skid tank*, maka dapat dilakukan *split delivery* serta pengantaran ke lebih dari satu Stasiun Pengisian dalam satu ritase, sehingga dapat meminimalkan biaya transportasi, mengingat rumus perhitungan biaya transportasi yaitu, $\text{Jarak} \times \text{Jumlah Permintaan} \times \text{Satuan Biaya Transportasi}$.

5.6 Analisis Keterbatasan *Decision Support System*

Seperti penelitian pada umumnya, pada penelitian ini masih terdapat keterbatasan yang menyebabkan solusi yang didapatkan bukan merupakan solusi global optimum. Salah satu penyebabnya adalah penyesuaian *cluster* dengan menggunakan *alternative cluster* (ketika terdapat Depot yang tidak dapat memenuhi permintaan pada *cluster* tersebut) tidak menghasilkan biaya transportasi yang minimum, sehingga untuk dapat hasil yang lebih baik diperlukan *running* model transportasi menggunakan bantuan Excel Solver disetiap harinya sebelum melakukan pembuatan rute dan penjadwalan *skid tank* untuk mendapat biaya transportasi yang minimum, serta menambahkan MDVRP (*Multi Depot Vehicle Routing Problem*) agar dapat melakukan *running* untuk 5 *cluster* sekaligus. Penggunaan Excel Solver pada *decision support system* akan sangat membantu

terutama jika permintaan sudah meningkat pesat, seperti yang terjadi pada tahun keenam, karena akan banyak Stasiun Pengisian yang harus dialihkan ke *cluster* lainnya agar *constrain* permintaan di setiap *cluster* kurang dari sama dengan kapasitas di Depot terkait terpenuhi. Penggunaan Excel Solver juga dapat digunakan untuk mengoptimalkan proses *leveling* rute untuk melakukan pengaturan rute yang dapat diambil oleh *skid tank* terkait agar utilitas skid tank menjadi maksimum.

Namun penggunaan Excel Solver memiliki limit sebesar 200 *decision variables* atau *changing cells* untuk Ms. Excel dengan versi standar, sehingga diperlukan *upgrade* Excel Solver untuk melakukannya, dan dengan perubahan algoritma tersebut akan memakan waktu untuk *running decision support system* yang cukup lama dalam setiap replikasinya, karena terdapat tiga tahapan, yaitu penentuan *cluster*, penentuan rute, dan penjadwalan, kemudian seluruh Stasiun Pengisian langsung masuk ke dalam sistem, yaitu berjumlah 197 Stasiun Pengisian yang membuat sistem lebih kompleks dan memakan waktu *running* yang lebih lama.

Kemudian jarak antar stasiun pengisian yang berada di kota berbeda masih menggunakan estimasi dengan *Haversine Formula*, belum menggunakan Google Maps yang telah mempertimbangkan *circuitry factor*, sehingga kurang merepresentasikan jarak sesungguhnya. Penggunaan kedua metode (*Haversine Formula* dan Google Maps) dipilih karena ukuran matriks jarak yang cukup besar, yaitu 202 x 202 yang menjadi tantangan dalam melakukan perhitungan jarak dengan Google Maps secara manual. Sehingga untuk menghitung jarak dari Depot ke Stasiun Pengisian yang akan digunakan sebagai *input* dalam membuat *cluster*, serta untuk menghitung jarak antar Stasiun Pengisian yang berada pada kota yang sama akan menggunakan Google Maps, sedangkan untuk perhitungan jarak antar Stasiun Pengisian yang berada di kota berbeda akan menggunakan *Haversine Formula*, karena jalan ke luar kota cenderung lurus sehingga *circuitry factor*-nya kecil.

Kemudian matriks jarak ini belum mempertimbangkan beberapa faktor seperti kemacetan, cuaca, dan hal-hal yang tidak dapat diprediksi lainnya. Matriks jarak juga belum sepenuhnya mempertimbangkan kondisi geografis dan mutu jalan

di Area MOR III, karena diketahui menurut Sudjana, B. & Hegesell, A. (2008), kondisi topografi di Indonesia dan rendahnya kualitas jalan secara signifikan akan meningkatkan biaya operasional kendaraan (biaya untuk pemeliharaan dan BBM), terutama untuk angkutan jalur darat dengan truk. Segmen yang berbukit, dengan banyak tikungan serta tanjakan dan jalan yang berlubang atau memiliki tingkat kerusakan yang parah akan meningkatkan biaya operasional. Sehingga untuk area pegunungan dengan jarak yang lebih dekat, tidak menutup kemungkinan bahwa biaya operasional yang ditimbulkan menjadi lebih besar dibandingkan dengan biaya operasional untuk pengantaran di area perkotaan dengan jarak yang lebih jauh.

Kemudian untuk penelitian selanjutnya, jika memungkinkan untuk dilakukan penjadwalan pemesanan untuk setiap Stasiun Pengisiannya, dapat dikembangkan lagi untuk mempertimbangkan pengiriman per periode ke setiap Stasiun Pengisiannya dengan penerapan PVRP (*Periodic Vehicle Routing Problem*) pada *decision support system*, sekaligus untuk mengevaluasi ukuran kapasitas tangki timbun pada setiap Stasiun Pengisiannya dan disertai dengan *feasibility study*.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dan saran yang dihasilkan dari penelitian ini.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka dapat diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Didapatkan hasil *regular cluster*, terdapat 5 *cluster* dengan 1 Depot di setiap *clusternya*, dan *alternative cluster* jika terdapat Depot yang tidak bisa memenuhi permintaan dari Stasiun Pengisian pada *cluster* terkait
2. *Decision support system* dikembangkan sesuai dengan kebutuhan pengguna. Bagian *input* terdiri dari jumlah Stasiun Pengisian, *flowrate loading* dan *unloading*, kecepatan *skid tank*, waktu operasional Depot, *ID Plant*, dan permintaan setiap Stasiun Pengisian. Dari data tersebut akan dihasil *routing*, *scheduling*, dan kebutuhan *skid tank* akan ditampilkan dengan menekan tombol *running*
3. Berdasarkan hasil perhitungan pada simulasi dan analisis, dapat diketahui jumlah kebutuhan *skid tank* setiap kapasitasnya, yaitu 12 *skid tank* dengan ukuran 11 MT, 6 *skid tank* dengan ukuran 13 MT, 2 *skid tank* dengan ukuran 14 MT, 151 *skid tank* dengan ukuran 15 MT, 12 *skid tank* dengan ukuran 18 MT, 27 *skid tank* dengan ukuran 20 MT, 6 *skid tank* dengan ukuran 21 MT, dan 5 *skid tank* dengan ukuran 25 MT. Sehingga biaya investasi yang dikeluarkan akan lebih kecil dan utilitas *skid tank* meningkat
4. Dengan menerapkan kondisi perbaikan yang telah menggunakan rancangan *cluster* baru (*regular dan alternative cluster*) yang diperoleh dari hasil *running* model transportasi, *leveling rute*, dan memungkinkan untuk dilakukannya pengiriman ke lebih dari satu Stasiun Pengisian

dalam satu ritase, akan didapatkan penghematan dari segi biaya transportasi dan biaya investasi *skid tank*.

6.2 Saran

Berikut ini merupakan saran yang dapat diberikan berdasarkan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Melakukan perhitungan kembali kapasitas terpasang pada setiap Depotnya, dan pengajuan kedatangan Propane dan Butane pada setiap Depot nya sesuai dengan kapasitas terpasang, sehingga jika hasil perhitungan ulang kapasitas terpasang lebih besar, persediaan Propane dan Butane pada Depot terkait lebih banyak, Depot tersebut bisa melayani lebih banyak Stasiun Pengisian (diutamakan untuk Depot G202, karena lokasinya yang lebih dekat dengan banyak Stasiun Pengisian)
2. Penggunaan *alternative cluster* tidak menghasilkan biaya transportasi yang minimum, sehingga diperlukan *running* model transportasi disetiap harinya sebelum melakukan pembuatan rute dan penjadwalan *skid tank* untuk mendapat biaya transportasi yang minimum
3. Pada penelitian selanjutnya dapat mempertimbangkan penerapan PVRP (*Periodic Vehicle Routing Problem*) pada *decision support system* dengan mengevaluasi kapasitas tangki timbun pada setiap Stasiun Pengisiannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Ballou, R. H., 2004. *Business Logistics Management. Edisi kelima*. New Jersey: Penerbit Prentice-Hall Inc.
- Chase, Richard B., F. R. Jacobs, dan N. J. Aquilano., 2004. *Operation Management for Competitive Advantage*. Singapore: McGraw Hill.
- Comert, et al., 2018. *A Cluster First Route Second Approach for a Capacitated Vehicle Routing Problem: A Case Study*. *Int. J. Procurement Management*, Vol. 11, No. 4. Engineering Faculty, Department of Industrial Engineering, Sakarya University.
- Daellenbach & McNickle, 2005. *Management Science: Decision Making Through Systems Thinking*. New York: Penerbit Palgrave Macmillan.
- Daskin, M. S., 1995. *Network and Discrete Location: Model, Algorithms, and Applications*. Canada: Penerbit John Willey & Sons Inc.
- Daynebatten, 2015. *Distance between Latitude and Longitude Coordinates in SQL*. <http://daynebatten.com/>. [Diakses 20 Maret 2020]
- Direktorat Jenderal Minyak dan Gas Bumi, 2019. *Laporan Tahunan: Capaian Pembangunan 2018*. Jakarta
- Du, D. Z. & Pardalos, P. M., 1998. *Handbook of Combinatorial Optimization*. Vol. pertama. Nedtherland: Kluwer Academic Publishers.
- Effendi, H. *et al.*, 2016. Perhitungan Kebutuhan Alat Berat pada Pekerjaan Tanah Proyek Pembangunan Pabrik Precast di Sentul. Bogor: Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Pakuan.
- Furtado, P. & Frayret, J. M., 2014. *Impact of Resource Sharing of Freight Transportation*. Polytechnique Montréal and CIRRELT, Interuniversity Research Center
- Gusti, W. D., 2019. Optimasi Rute Distribusi di PT. Aice Multirasa Pekanbaru dengan Menggunakan Metode *Clarke & Wright Savings*. Tugas Akhir Sarjana. Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

- Hamdy A. Taha, 2006. *Operation Research: An Introduction*. Edisi kedelapan. USA: Pearson Education.
- Hillier, F. & G. Lieberman, 1997. *Introduction to Operations Research*. Edisi kelima. New York: Penerbit McGraw-Hill.
- Hori, De Mueno. 2018. *Introduction to Computational Earthquake Engineering*. Edisi keempat. London: World Scientific Publishing Europe Ltd.
- Igismap. 2019. *Haversine Formula – Calculate geographic distance on earth*. <https://www.igismap.com/>. [Diakses 20 Maret 2020]
- Kata Data, 2019. *Biaya Logistik Indonesia Tertinggi di Asia*. <https://databoks.katadata.co.id/datapublish/2019/06/12/biaya-logistik-indonesia-tertinggi-di-asia>. [Diakses 26 April 2020]
- LUT University, 2011. *Heuristics for the TSP*. <http://www.mafy.lut.fi>. [Diakses 25 Maret 2020]
- Miller, H. J. & Shaw, S. L., 2001. *Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications*. New York: Penerbit Oxford University Press Inc.
- Networking and Emerging Optimization, 2013. *Cluster First Routing Second Method*. <http://neo.lcc.uma.es/>. [Diakses 23 Maret 2020].
- Nurmalatya, Namira, 2017. *Optimasi Penentuan Jumlah Truk dan Penjadwalan Pengiriman Beras Raskin dengan Data Penunjang dari Sistem Informasi Geografis (SIG) pada Perum Bulog Sub Divre Surabaya Utara*. Tugas Akhir Sarjana. Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Pertamina, 2019. *Laporan Tahunan 2018: Strengthening Commitment Securing Energi*. Jakarta
- Perta-Samtan Gas, 2017. *Struktur Harga LPG*. <http://pertasamtan.com/id/sales-and-delivery/>. [Diakses 23 April 2020]
- Prins, Christian, 2008. *The Route First Cluster Second Principle in Vehicle Routing*. Institute Charles Delaunay, University of Technology of Troyes (UTT).
- Pujawan, I. N. & Mahendrawati, 2017. *Supply Chain Management*. Edisi ketiga. Surabaya: Penerbit ANDI Yogyakarta.

- Ramaekers, K. & Janssens, G. K., 2018. *On the Choice of a Demand Distribution for Inventory Management Models*. European Journal of Industrial Engineering, Hasselt University
- Republik Indonesia, 1971. *Undang-undang No. 8 Tahun 1971 tentang Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara*. Lembaran Negara RI tahun 1971, No. 2971. Sekretariat Negara. Jakarta.
- Rosenkrantz, et al., 1977. *An Analysis of Several Heuristics for the Traveling Salesman Problem*, *SIAM Journal on Computing*. The State University of New York
- Rusdiansyah, A., Aryusamalia, 2007. Penentuan Jumlah dan Kombinasi Jenis Kendaraan dengan Saving Heuristik pada Perusahaan Jasa Logistik Pihak Ketiga. Surabaya: Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sarjono, Haryadi, 2014. *Determination of Best Route to Minimize Transportation Cost Using Nearest Neighbor Procedure*, *Applied Mathematical Sciences*. School of Business Management, Bina Nusantara University, Indonesia
- Şen, Zekâi, 2017. *Innovative Trend Methodologies in Science and Engineering*. Switzerland: Springer International Publishing
- Siswanto, N. *et al.*, 2018. *Simulasi Sistem Diskrit: Implementasi dengan Software Arena*. Surabaya: ITS Tekno Sains
- Susanti, E. *et al.*, 2017. Optimasi Kebutuhan Kendaraan Pengangkut Sampah Berdasarkan Estimasi Jumlah Penduduk Menggunakan Model *Goal Programming*. Palembang: Fakultas MIPA Jurusan Matematika, Universitas Sriwijaya.
- Tersine, R. J., 1994. *Principles of Inventory and Materials Management*. Edisi keempat. New Jersey: Prentice-Hall Inc.
- Toth, P. & Vigo, D., 2002. *The Vehicle Routing Problem*. Philadelphia: Penerbit Society for Industrial and Applied Mathematics.
- Sudjana, B. & Hegesell, A., 2008. *Biaya Transportasi Barang: Angkutan, Regulasi, dan Pungutan Jalan di Indonesia*. Jakarta: The Asia Foundation

- Walkenbach, J., 2007. *Excel 2007 VBA Programming for Dummies*. Indianapolis, Indiana, Canada: Wiley Publishing Inc.
- Widjaja, Alexander B., 2018. *Developing Model of Flexible Periodic Vehicle Routing Problem (FVRP) Considering Color Combination Requirements for a Paint Distribution System*. Tugas Akhir Sarjana. Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- William. 2019. *Arti Distribusi dan Logistik pada Perusahaan*. <https://indoforwarding.com>. [Diakses 18 Maret 2020].
- Winston, W. L., 2004. *Operation Research: Applications and Algorithms*. Edisi keempat. Canada: Penerbit Thomson Learning Inc.
- Woodbridge, Stephen. 2015. *Farthest Insertion to Solve TSP*. <https://github.com>. [Diakses 23 Maret 2020]
- Yadrifil, W. N., 2013. *Pengendalian Persediaan MRO dengan Continuous Review System Menggunakan Simulasi Monte Carlo pada Kontraktor Migas*. Departemen Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia.
- Yahya, Y. A. S., 2014. *Solusi Optimum Model Transportasi pada CV. Manurindo di Makasar*. Tugas Akhir Sarjana. Jurusan Matematika, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Yulianto, Ramadiani, Kridalaksana, A. H., 2018. *Penerapan Formula Haversine pada Sistem Informasi Geografis Pencarian Jarak Terdekat Lokasi Lapangan Futsal*. Vol. 13, No. 1. Informatika Mulawarman: Jurnal Ilmial Ilmu Komputer.
- Zaroni. 2017. *Logistics Cost Reduction*. <https://supplychainindonesia.com>. [Diakses 25 Maret 2020]
- Zaroni. 2017. *Biaya Logistik Agregat*. <https://supplychainindonesia.com>. [Diakses 24 Mei 2020]
- Zaroni. 2017. *Transportasi dalam Rantai Pasok dan Logistik*. <https://supplychainindonesia.com>. [Diakses 25 Mei 2020]

LAMPIRAN A

<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)	<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)	<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)	<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)
G206	15	G261	20	G27N	15	G291	15
G240	21	G262	15	G27O	15	G294	15
G241	20	G263	15	G27P	11	G295	15
G243	20	G264	25	G27Q	15	G296	15
G244	15	G265	15	G27R	21	G297	15
G246	15	G266	18	G27S	15	G298	15
G247	15	G267	15	G27T	15	G299	15
G248	15	G268	20	G27U	15	G29A	15
G249	15	G26A	15	G27V	13	G29B	20
G24A	20	G26C	15	G27W	25	G29C	20
G24B	15	G26D	25	G27X	15	G29D	15
G24C	15	G26E	15	G27Y	15	G29E	21
G24D	25	G26F	21	G27Z	15	G29F	15
G24E	15	G26G	15	G280	20	G29G	15
G24F	15	G26H	15	G281	15	G29H	15
G250	15	G26I	21	G282	20	G29I	18
G251	15	G26J	15	G283	20	G29J	20
G253	15	G26K	15	G284	15	G29K	15
G254	13	G26L	15	G285	15	G29L	15
G255	20	G26M	20	G286	15	G29M	15
G256	14	G26N	11	G287	15	G29N	15
G257	15	G26O	15	G288	15	G29O	15
G258	15	G26P	15	G289	15	G29P	20
G259	15	G26Q	15	G28A	20	G29Q	11
G25B	15	G26R	15	G28B	21	G29R	15
G25C	15	G26S	15	G28C	15	G29S	15
G25D	15	G26T	15	G28D	20	G29T	15
G25E	20	G26U	15	G28E	21	G29U	20
G25F	20	G26V	15	G28F	15	G29W	20
G25G	15	G26W	15	G28G	15	G29X	15
G25H	15	G26X	20	G28I	18	G29Y	15
G25I	15	G26Y	15	G28J	15	G29Z	20
G25J	15	G26Z	15	G28K	18	G2A1	15
G25K	15	G271	15	G28L	15	G2A2	20
G25L	15	G275	15	G28M	15	G2A3	15

<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)	<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)	<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)	<i>ID Plant</i>	Possible Fleet Size (MT)
G25M	15	G277	15	G28N	15	G2A5	15
G25N	15	G279	15	G28O	15	G2A7	15
G25O	15	G27A	15	G28P	15	G2A8	20
G25P	15	G27B	15	G28Q	15	G2A9	15
G25Q	15	G27C	15	G28R	15	G2B0	14
G25R	15	G27D	15	G28S	15	G2B1	15
G25S	15	G27E	15	G28T	15	G2B2	20
G25T	15	G27F	15	G28U	15	G2B4	15
G25U	15	G27G	18	G28V	15	G2B5	15
G25V	18	G27H	15	G28W	15	G2B6	15
G25W	15	G27I	15	G28X	25	G2B7	13
G25X	21	G27J	15	G28Y	15	G2B8	15
G25Y	15	G27K	20	G28Z	15	G2B9	15
G25Z	15	G27L	15	G290	15		
G260	15	G27M	15				

LAMPIRAN B

G201	G202	G207	G209	G301
G241	G240	G257	G25K	G206
G243	G246	G25E	G25W	G24E
G244	G249	G25H	G261	G25M
G247	G24A	G25Z	G265	G25N
G248	G24B	G263	G267	G25Y
G24C	G24D	G264	G268	G26A
G25G	G24F	G26D	G26K	G26G
G25J	G250	G26E	G26O	G27M
G25L	G251	G26F	G27A	G289
G25P	G253	G26H	G27P	
G25Q	G254	G26Q	G27Q	
G25R	G255	G26R	G27V	
G26C	G256	G26X	G28M	
G26J	G258	G27W	G28O	
G26N	G259	G27Y	G298	
G26V	G25B	G28C	G299	
G26Z	G25C	G28N	G29F	
G277	G25D	G29L	G29I	
G279	G25F	G29M	G2A1	
G27B	G25I	G29X	G2A9	
G27D	G25O	G2B2	G2B5	
G27E	G25S	G2B9		
G27F	G25T			
G27H	G25U			
G27I	G25V			
G280	G25X			
G282	G260			
G283	G262			
G286	G266			
G28G	G26I			
G28I	G26L			
G28K	G26M			
G28P	G26P			
G28W	G26S			
G28Y	G26T			
G28Z	G26U			
G291	G26W			
G294	G26Y			
G295	G271			

G201	G202	G207	G209	G301
G29D	G275			
G29J	G27C			
G29P	G27G			
G29Q	G27J			
G29R	G27K			
G29S	G27L			
G29Z	G27N			
G2A2	G27O			
G2A5	G27R			
G2B4	G27S			

LAMPIRAN C

<i>ID Filling Station</i>	<i>Alternative Plan</i>		<i>ID Filling Station</i>	<i>Alternative Plan</i>	
	<i>Dari</i>	<i>Ke</i>		<i>Dari</i>	<i>Ke</i>
G26Z	G201	G202	G2B1	G202	G209
G28G	G201	G202	G266	G202	G209
G28W	G201	G202	G27G	G202	G209
G291	G201	G209	G266	G202	G201
G295	G201	G209	G275	G202	G201
G25R	G201	G209	G2A3	G202	G201
G294	G201	G202	G29T	G202	G201
G279	G201	G202	G297	G202	G207
G25G	G201	G202	G28R	G202	G207
G28Y	G201	G209	G26M	G202	G207
G29Q	G201	G209	G28S	G202	G207
G2B4	G201	G202	G287	G202	G207
G25J	G201	G209	G27C	G202	G207
G29J	G201	G202	G28A	G202	G207
G25Q	G201	G202	G28Q	G202	G207
G27E	G201	G202	G25C	G202	G207
G2A2	G201	G202	G296	G202	G207
G280	G201	G202	G24D	G202	G207
G29P	G201	G202	G28U	G202	G207
G29D	G201	G202	G27U	G202	G207
G29R	G201	G209	G259	G202	G207
G27H	G201	G202	G25U	G202	G207
G28Y	G201	G301	G26P	G202	G207
G24C	G201	G301	G28D	G202	G207
G29S	G201	G207	G29W	G202	G207
G244	G201	G202	G24F	G202	G207
G277	G201	G207	G25V	G202	G207
G27D	G201	G207	G29A	G202	G207
G26N	G201	G202	G27Z	G202	G207
G243	G201	G202	G29B	G202	G207
G2A5	G201	G301	G29E	G202	G207
G28P	G201	G202	G26L	G202	G207
G26Z	G201	G207	G253	G202	G207
G28G	G201	G207	G262	G202	G207
G25L	G201	G301	G27R	G202	G207
G29Z	G201	G202	G24B	G202	G207
G247	G201	G202	G25O	G202	G207
G282	G201	G202	G28F	G202	G207
G283	G201	G202	G28J	G202	G207
G28W	G201	G207	G2B8	G202	G207

<i>ID Filling Station</i>	<i>Alternative Plan</i>		<i>ID Filling Station</i>	<i>Alternative Plan</i>	
	<i>Dari</i>	<i>Ke</i>		<i>Dari</i>	<i>Ke</i>
G286	G201	G202	G28V	G202	G207
G279	G201	G207	G25F	G202	G207
G25G	G201	G207	G251	G202	G207
G29J	G201	G207	G27T	G202	G207
G29P	G201	G207	G26U	G202	G207
G29D	G201	G207	G249	G202	G207
G27I	G201	G207	G2B0	G202	G207
G27F	G201	G207	G2A7	G202	G207
G248	G201	G207	G26I	G202	G207
G265	G209	G201	G2A8	G202	G207
G261	G209	G201	G29O	G202	G207
G267	G209	G201	G250	G202	G207
G2A1	G209	G201	G271	G202	G207
G280	G209	G201	G29Y	G202	G207
G268	G209	G202	G25X	G202	G207
G25K	G209	G202	G27K	G202	G207
G298	G209	G201	G255	G202	G207
G25W	G209	G201	G29N	G202	G207
G2B5	G209	G201	G258	G202	G207
G267	G209	G202	G27O	G202	G207
G261	G209	G202	G29G	G202	G207
G27P	G209	G202	G26W	G202	G207
G260	G209	G202	G26S	G202	G207
G27A	G209	G202	G27N	G202	G207
G299	G209	G202	G260	G202	G207
G29I	G209	G202	G26Y	G202	G207
G2A9	G209	G301	G27X	G202	G207
G29F	G209	G202	G2B7	G202	G207
G265	G209	G202	G29H	G202	G207
G27V	G209	G202	G285	G202	G207
G26K	G209	G202	G281	G202	G207
G2A9	G209	G202	G29K	G202	G207
G27V	G209	G301	G254	G202	G207
G25W	G209	G301	G27L	G202	G207
G267	G209	G207	G25D	G202	G207
G27Q	G209	G207	G290	G202	G207
G27P	G209	G207	G246	G202	G207
G25M	G301	G209	G256	G202	G207
G206	G301	G209	G27S	G202	G207
G25N	G301	G209	G28C	G207	G202
G289	G301	G209	G263	G207	G202

<i>ID Filling Station</i>	<i>Alternative Plan</i>		<i>ID Filling Station</i>	<i>Alternative Plan</i>	
	Dari	Ke		Dari	Ke
G27M	G301	G209	G264	G207	G202
G289	G301	G201	G27W	G207	G202
G25Y	G301	G201	G2B9	G207	G202
G206	G301	G202	G26X	G207	G202
G27M	G301	G201	G29X	G207	G202
G26A	G301	G201	G25E	G207	G202
G26G	G301	G201	G29M	G207	G202
G25N	G301	G202	G29L	G207	G202
G24E	G301	G201	G25H	G207	G201
G25M	G301	G207	G26E	G207	G202
			G26R	G207	G202

LAMPIRAN D

ID	Distribusi
G206	IF(RAND() $<$ 0.033,0,IF(RAND() $<$ 0.299,RiskNormal(22.64,6.62),IF(RAND() $<$ 0.515,RiskNormal(30.52,1.85),RiskNormal(44.31,4.11))))
G240	IF(RAND() $<$ 0.849,RiskTriang(20,20,64.625),0)
G241	IF(RAND() $<$ 0.956,RiskTriang(9.6923,35,71.382),0)
G243	IF(RAND() $<$ 0.356,0,IF(RAND() $<$ 0.515,15,IF(RAND() $<$ 0.863,RiskNormal(19.99,0.09),RiskNormal(33.68,2.56))))
G244	IF(RAND() $<$ 0.896,RiskTriang(15,15,32.477),0)
G246	IF(RAND() $<$ 0.962,RiskTriang(12.52,30,47.506),0)
G247	IF(RAND() $<$ 0.855,RiskTriang(15,15,44.799),0)
G248	IF(RAND() $<$ 0.868,RiskTriang(9.2113,30,46.01),0)
G249	IF(RAND() $<$ 0.907,RiskTriang(9.7846,59,74.573),0)
G24A	IF(RAND() $<$ 0.074,0,IF(RAND() $<$ 0.31,RiskNormal(15.35,1.28),IF(RAND() $<$ 0.855,RiskNormal(30.26,1.34),RiskNormal(47.4,5.47))))
G24B	IF(RAND() $<$ 0.855,RiskTriang(15,15,30.24),0)
G24C	IF(RAND() $<$ 0.501,RiskTriang(15,15,60.398),0)
G24D	IF(RAND() $<$ 0.827,RiskNormal(43.593,10.677),0)
G24E	IF(RAND() $<$ 0.715,RiskTriang(15,15,61.369),0)
G24F	IF(RAND() $<$ 0.929,RiskTriang(9.8442,30,46.476),0)
G250	IF(RAND() $<$ 0.285,RiskTriang(15,15,30.433),0)
G251	IF(RAND() $<$ 0.847,RiskTriang(10.465,30,75.65),0)
G253	IF(RAND() $<$ 0.934,RiskTriang(15,15,62.564),0)
G254	IF(RAND() $<$ 0.197,0,IF(RAND() $<$ 0.268,13,IF(RAND() $<$ 0.849,26,RiskNormal(39.53,3.76))))
G255	IF(RAND() $<$ 0.195,0,IF(RAND() $<$ 0.326,RiskNormal(12.94,0.24),IF(RAND() $<$ 0.666,RiskNormal(25.06,2.11),RiskNormal(34.82,3.15))))
G256	IF(RAND() $<$ 0.811,RiskTriang(14,14,43.458),0)
G257	IF(RAND() $<$ 0.244,0,IF(RAND() $<$ 0.767,RiskNormal(15.04,0.21),RiskNormal(30.38,2.29)))
G258	IF(RAND() $<$ 0.847,RiskUniform(14.903,45.097),0)
G259	IF(RAND() $<$ 0.973,RiskUniform(9.8588,60.141),0)
G25B	IF(RAND() $<$ 0.989,RiskNormal(42.4266,9.9686),0)
G25C	IF(RAND() $<$ 0.879,RiskTriang(12.877,30,45.297),0)
G25D	IF(RAND() $<$ 0.863,RiskNormal(61.9524,9.2137),0)
G25E	IF(RAND() $<$ 0.838,RiskTriang(15,15,36.887),0)
G25F	IF(RAND() $<$ 0.995,RiskTriang(8.8661,84,105.655),0)
G25G	IF(RAND() $<$ 0.978,RiskNormal(35.916,10.75),0)
G25H	IF(RAND() $<$ 0.995,RiskTriang(9.8904,30,60.432),0)
G25I	IF(RAND() $<$ 0.022,0,IF(RAND() $<$ 0.03,15,IF(RAND() $<$ 0.786,RiskNormal(30.0001,0.06),IF(RAND() $<$ 0.964,45,60))))
G25J	IF(RAND() $<$ 0.912,RiskTriang(10.07,30,75.794),0)
G25K	IF(RAND() $<$ 0.901,RiskTriang(10.439,50,74.211),0)

ID	Distribusi
G25L	IF(RAND() $<$ 0.356,0,IF(RAND() $<$ 0.471,RiskNormal(11.29,1.04),IF(RAND() $<$ 0.874,RiskNormal(22.1,0.62),RiskNormal(39.09,11.56))))
G25M	IF(RAND() $<$ 0.953,RiskTriang(7.1197,44,75.214),0)
G25N	IF(RAND() $<$ 0.975,RiskNormal(37.8933,9.974),0)
G25O	IF(RAND() $<$ 0.973,RiskTriang(12.717,30,67.533),0)
G25P	IF(RAND() $<$ 0.882,RiskTriang(12.038,30,49.693),0)
G25Q	IF(RAND() $<$ 0.918,RiskUniform(14.91,45.09),0)
G25R	IF(RAND() $<$ 0.844,RiskNormal(28.2078,6.4178),0)
G25S	IF(RAND() $<$ 0.921,RiskNormal(31.625,11.56),0)
G25T	IF(RAND() $<$ 0.868,RiskTriang(15,15,45.123),0)
G25U	IF(RAND() $<$ 0.926,RiskTriang(11.896,30,75.217),0)
G25V	IF(RAND() $<$ 0.932,RiskUniform(7.8437,61.156),0)
G25W	IF(RAND() $<$ 0.877,RiskTriang(9.5235,30,75.977),0)
G25X	IF(RAND() $<$ 0.929,RiskTriang(20,20,119.703),0)
G25Y	IF(RAND() $<$ 0.622,RiskTriang(15,15,90.787),0)
G25Z	IF(RAND() $<$ 0.863,RiskTriang(14.679,30,61.066),0)
G260	IF(RAND() $<$ 0.978,RiskTriang(12.151,59,98.1),0)
G261	IF(RAND() $<$ 0.948,RiskTriang(4.2591,45,60.276),0)
G262	IF(RAND() $<$ 0.923,RiskTriang(15,15,49.914),0)
G263	IF(RAND() $<$ 0.819,RiskNormal(30.732,10.201),0)
G264	IF(RAND() $<$ 0.86,RiskTriang(15,15,68.205),0)
G265	IF(RAND() $<$ 0.929,RiskTriang(4.7099,26,37.907),0)
G266	IF(RAND() $<$ 0.921,RiskUniform(14.893,51.107),0)
G267	IF(RAND() $<$ 0.789,RiskNormal(22.1007,8.3412),0)
G268	IF(RAND() $<$ 0.885,RiskTriang(10.449,50,80.779),0)
G26A	IF(RAND() $<$ 0.753,RiskNormal(38.433,15.77),0)
G26C	IF(RAND() $<$ 0.849,RiskTriang(11.734,30,58.205),0)
G26D	IF(RAND() $<$ 0.948,RiskUniform(14.812,80.188),0)
G26E	IF(RAND() $<$ 0.858,RiskTriang(12.383,45,75.284),0)
G26F	IF(RAND() $<$ 0.866,RiskTriang(20,20,75.411),0)
G26G	IF(RAND() $<$ 0.238,0,IF(RAND() $<$ 0.356,15,IF(RAND() $<$ 0.625,RiskNormal(29.78,0.42),IF(RAND() $<$ 0.967,RiskNormal(44.52,0.62),RiskNormal(68.33,9.75))))
G26H	IF(RAND() $<$ 0.896,RiskTriang(13,13,55.295),0)
G26I	IF(RAND() $<$ 0.921,RiskNormal(38.146,10.936),0)
G26J	IF(RAND() $<$ 0.849,RiskTriang(14.293,30,58.308),0)
G26K	IF(RAND() $<$ 0.923,RiskTriang(9.3094,30,44.31),0)
G26L	IF(RAND() $<$ 0.937,RiskNormal(58.243,17.415),0)
G26M	IF(RAND() $<$ 0.962,RiskNormal(44.308,14.063),0)
G26N	IF(RAND() $<$ 0.008,0,IF(RAND() $<$ 0.03,11,IF(RAND() $<$ 0.085,22,IF(RAND() $<$ 0.334,RiskNormal(32.98,0.15),RiskNormal(43.76,0.43))))
G26O	IF(RAND() $<$ 0.942,RiskNormal(39.6512,8.203),0)

ID	Distribusi
G26P	IF(RAND() $<$ 0.937,RiskNormal(44.871,11.675),0)
G26Q	IF(RAND() $<$ 0.871,RiskTriang(12.417,30,65.907),0)
G26R	IF(RAND() $<$ 0.877,RiskUniform(14.856,61.144),0)
G26S	IF(RAND() $<$ 0.868,RiskTriang(12.755,30,48.336),0)
G26T	IF(RAND() $<$ 0.874,RiskTriang(12.84,45,59.7),0)
G26U	IF(RAND() $<$ 0.932,RiskTriang(15,15,46.332),0)
G26V	IF(RAND() $<$ 0.011,0,IF(RAND() $<$ 0.159,15,IF(RAND() $<$ 0.882,RiskNormal(29.95,0.21),IF(RAND() $<$ 0.995,RiskNormal(44.66,0.48),59))))
G26W	IF(RAND() $<$ 0.871,RiskTriang(12.834,30,59.161),0)
G26X	IF(RAND() $<$ 0.929,RiskNormal(35.631,11.016),0)
G26Y	IF(RAND() $<$ 0.962,RiskTriang(11.451,30,48.089),0)
G26Z	IF(RAND() $<$ 0.932,RiskTriang(7.7193,30,63.136),0)
G271	IF(RAND() $<$ 0.953,RiskNormal(35.2845,9.4769),0)
G275	IF(RAND() $<$ 0.822,RiskTriang(15,15,30.993),0)
G277	IF(RAND() $<$ 0.055,0,IF(RAND() $<$ 0.142,15,IF(RAND() $<$ 0.704,30,IF(RAND() $<$ 0.953,RiskNormal(44.95,0.23),RiskNormal(63.59,6.94))))
G279	IF(RAND() $<$ 0.173,0,IF(RAND() $<$ 0.293,15,IF(RAND() $<$ 0.989,RiskNormal(29.82,0.39),RiskNormal(48.25,7.18))))
G27A	IF(RAND() $<$ 0.97,RiskUniform(14.915,45.085),0)
G27B	IF(RAND() $<$ 0.942,RiskTriang(15,15,32.898),0)
G27C	IF(RAND() $<$ 0.896,RiskTriang(7.5613,45,61.14),0)
G27D	IF(RAND() $<$ 0.86,RiskTriang(15,15,46.239),0)
G27E	IF(RAND() $<$ 0.882,RiskTriang(15,15,47.475),0)
G27F	IF(RAND() $<$ 0.937,RiskTriang(7.0283,33,55.19),0)
G27G	IF(RAND() $<$ 0.986,RiskTriang(15,15,65.4),0)
G27H	IF(RAND() $<$ 0.984,RiskNormal(29.0167,7.8056),0)
G27I	IF(RAND() $<$ 0.923,RiskNormal(33.4184,9.273),0)
G27J	IF(RAND() $<$ 0.912,RiskNormal(42.643,10.51),0)
G27K	IF(RAND() $<$ 0.858,RiskTriang(19.574,69,119.78),0)
G27L	IF(RAND() $<$ 0.89,RiskNormal(61.178,10.284),0)
G27M	IF(RAND() $<$ 0.485,RiskTriang(11,11,44.672),0)
G27N	IF(RAND() $<$ 0.981,RiskTriang(10.276,30,74.234),0)
G27O	IF(RAND() $<$ 0.849,RiskTriang(14.173,30,59.276),0)
G27P	IF(RAND() $<$ 0.953,RiskTriang(7.0784,22,55.534),0)
G27Q	IF(RAND() $<$ 0.992,RiskTriang(6.3605,33,62.156),0)
G27R	IF(RAND() $<$ 0.907,RiskNormal(39.7976,9.7396),0)
G27S	IF(RAND() $<$ 0.937,RiskNormal(57.357,12.461),0)
G27T	IF(RAND() $<$ 0.885,RiskNormal(85.257,22.552),0)
G27U	IF(RAND() $<$ 0.978,RiskTriang(7.4018,45,75.403),0)
G27V	IF(RAND() $<$ 0.967,RiskNormal(33.5014,9.289),0)
G27W	IF(RAND() $<$ 0.896,RiskTriang(12.765,40,81.293),0)

ID	Distribusi
G27X	IF(RAND() $<$ 0.981,RiskTriang(9.7813,44,62.087),0)
G27Y	IF(RAND() $<$ 0.148,0,IF(RAND() $<$ 0.277,RiskNormal(15.04,0.2),IF(RAND() $<$ 0.918,RiskNormal(30.001,0.07),45)))
G27Z	IF(RAND() $<$ 0.986,RiskTriang(11.944,60,104.562),0)
G280	IF(RAND() $<$ 0.948,RiskTriang(8.7659,45,50.532),0)
G281	IF(RAND() $<$ 0.858,RiskTriang(15,15,44.686),0)
G282	IF(RAND() $<$ 0.033,0,IF(RAND() $<$ 0.2,15,IF(RAND() $<$ 0.756,RiskNormal(29.49,0.63),RiskNormal(44.94,4.05))))
G283	IF(RAND() $<$ 0.948,RiskUniform(10.872,55.128),0)
G284	IF(RAND() $<$ 0.937,RiskTriang(8.3319,60,79.895),0)
G285	IF(RAND() $<$ 0.937,RiskNormal(28.518,10.032),0)
G286	IF(RAND() $<$ 0.945,RiskTriang(10.926,29,44.526),0)
G287	IF(RAND() $<$ 0.959,RiskTriang(7.755,60,77.66),0)
G288	IF(RAND() $<$ 0.945,RiskTriang(8.1542,45,75.274),0)
G289	IF(RAND() $<$ 0.444,0,IF(RAND() $<$ 0.63,RiskNormal(12.53,3.37),IF(RAND() $<$ 0.814,RiskNormal(26.45,3.53),RiskNormal(39.19,4.5))))
G28A	IF(RAND() $<$ 0.814,RiskTriang(20,20,60.786),0)
G28B	IF(RAND() $<$ 0.912,RiskTriang(9.0299,40,75.716),0)
G28C	IF(RAND() $<$ 0.962,RiskNormal(35.1254,9.7431),0)
G28D	IF(RAND() $<$ 0.956,RiskNormal(46.948,15.758),0)
G28E	IF(RAND() $<$ 0.94,RiskTriang(8.5151,97,133.76),0)
G28F	IF(RAND() $<$ 0.959,RiskNormal(37.426,10.449),0)
G28G	IF(RAND() $<$ 0.923,RiskTriang(4.5079,23,59.231),0)
G28I	IF(RAND() $<$ 0.868,RiskTriang(18,18,54.642),0)
G28J	IF(RAND() $<$ 0.978,RiskTriang(12.324,30,45.41),0)
G28K	IF(RAND() $<$ 0.852,RiskNormal(27.7235,7.7164),0)
G28L	IF(RAND() $<$ 0.978,RiskTriang(15,15,74.272),0)
G28M	IF(RAND() $<$ 0.926,RiskNormal(32.3373,9.9684),0)
G28N	IF(RAND() $<$ 0.926,RiskTriang(10.368,30,75.353),0)
G28O	IF(RAND() $<$ 0.885,RiskNormal(30.4056,9.0968),0)
G28P	IF(RAND() $<$ 0.995,RiskTriang(11.858,30,59.3),0)
G28Q	IF(RAND() $<$ 0.94,RiskNormal(42.303,10.445),0)
G28R	IF(RAND() $<$ 0.523,RiskTriang(15,15,31.65),0)
G28S	IF(RAND() $<$ 0.967,RiskNormal(32.0368,9.9696),0)
G28T	IF(RAND() $<$ 0.773,RiskTriang(15,15,36.383),0)
G28U	IF(RAND() $<$ 0.896,RiskNormal(43.737,11.836),0)
G28V	IF(RAND() $<$ 0.786,RiskTriang(14.533,45,45),0)
G28W	IF(RAND() $<$ 0.967,RiskNormal(35.0368,9.6946),0)
G28X	IF(RAND() $<$ 0.951,RiskNormal(58.576,18.964),0)
G28Y	IF(RAND() $<$ 0.619,RiskTriang(15,15,90.441),0)
G28Z	IF(RAND() $<$ 0.852,RiskNormal(33.492,6.7556),0)

ID	Distribusi
G290	IF(RAND() $<$ 0.879,RiskNormal(37.8006,9.1058),0)
G291	IF(RAND() $<$ 0.97,RiskTriang(11.929,44,77.951),0)
G294	IF(RAND() $<$ 0.033,0,IF(RAND() $<$ 0.134,15,IF(RAND() $<$ 0.501,RiskNormal(29.99,0.09),IF(RAND() $<$ 0.912,RiskNormal(44.76,0.51),RiskNormal(60.13,3.66))))))
G295	IF(RAND() $<$ 0.874,RiskTriang(10.698,30,47.407),0)
G296	IF(RAND() $<$ 0.86,RiskTriang(15,15,45.655),0)
G297	IF(RAND() $<$ 0.879,RiskTriang(15,15,34.206),0)
G298	IF(RAND() $<$ 0.893,RiskTriang(10.274,29,58.194),0)
G299	IF(RAND() $<$ 0.937,RiskTriang(15,15,75.459),0)
G29A	IF(RAND() $<$ 0.863,RiskNormal(23.381,7.4599),0)
G29B	IF(RAND() $<$ 0.97,RiskNormal(68.299,21.538),0)
G29C	IF(RAND() $<$ 0.899,RiskNormal(30.936,10.186),0)
G29D	IF(RAND() $<$ 0.836,RiskTriang(7.6479,15,45.24),0)
G29E	IF(RAND() $<$ 0.926,RiskNormal(41.426,12.074),0)
G29F	IF(RAND() $<$ 0.964,RiskTriang(11.336,30,44.983),0)
G29G	IF(RAND() $<$ 0.151,0,IF(RAND() $<$ 0.181,15,IF(RAND() $<$ 0.899,RiskNormal(30.01,0.09),IF(RAND() $<$ 0.975,45,RiskNormal(59.89,0.33))))))
G29H	IF(RAND() $<$ 0.874,RiskTriang(12.9,15,46.548),0)
G29I	IF(RAND() $<$ 0.814,RiskTriang(7.8408,33,33),0)
G29J	IF(RAND() $<$ 0.868,RiskTriang(15,15,49.219),0)
G29K	IF(RAND() $<$ 0.984,RiskTriang(10.082,59,104.39),0)
G29L	IF(RAND() $<$ 0.962,RiskTriang(15,15,60.28),0)
G29M	IF(RAND() $<$ 0.879,RiskTriang(12.908,45,77.891),0)
G29N	IF(RAND() $<$ 0.921,RiskTriang(11.082,30,59.918),0)
G29O	IF(RAND() $<$ 0.959,RiskTriang(9.9532,60,77.609),0)
G29P	IF(RAND() $<$ 0.871,RiskTriang(7.8118,15,38.54),0)
G29Q	IF(RAND() $<$ 0.356,RiskTriang(5.6214,24,46.396),0)
G29R	IF(RAND() $<$ 0.542,RiskTriang(15,15,35.501),0)
G29S	IF(RAND() $<$ 0.901,RiskNormal(34.41,10.465),0)
G29T	IF(RAND() $<$ 0.871,RiskTriang(15,15,59.278),0)
G29U	IF(RAND() $<$ 0.871,RiskTriang(13.688,98,113.345),0)
G29W	IF(RAND() $<$ 0.523,RiskTriang(15,15,30.652),0)
G29X	IF(RAND() $<$ 0.989,RiskTriang(9.1218,75,93.708),0)
G29Y	IF(RAND() $<$ 0.841,RiskTriang(15,15,45.183),0)
G29Z	IF(RAND() $<$ 0.778,RiskTriang(15,15,55.209),0)
G2A1	IF(RAND() $<$ 0.951,RiskNormal(42.055,12.854),0)
G2A2	IF(RAND() $<$ 0.085,0,IF(RAND() $<$ 0.981,20,IF(RAND() $<$ 0.984,28,IF(RAND() $<$ 0.997,RiskNormal(39.8,0.45),64))))))
G2A3	IF(RAND() $<$ 0.995,RiskTriang(9.4881,30,47.212),0)

<i>ID</i>	<i>Distribusi</i>
G2A5	IF(RAND() $<$ 0.356,0,IF(RAND() $<$ 0.564,RiskNormal(15.13,1.15),IF(RAND() $<$ 0.929,RiskNormal(29.9,0.96),IF(RAND() $<$ 0.97,RiskNormal(44.8,0.56),RiskNormal(61.27,4.56))))))
G2A7	IF(RAND() $<$ 0.899,RiskNormal(32.8171,8.5318),0)
G2A8	IF(RAND() $<$ 0.923,RiskNormal(67.724,16.26),0)
G2A9	IF(RAND() $<$ 0.97,RiskTriang(10.319,45,45),0)
G2B0	IF(RAND() $<$ 0.942,RiskTriang(11.448,52,90.891),0)
G2B1	IF(RAND() $<$ 0.921,RiskNormal(24.631,7.4173),0)
G2B2	IF(RAND() $<$ 0.932,RiskTriang(15,15,85.755),0)
G2B4	IF(RAND() $<$ 0.666,15,0)
G2B5	IF(RAND() $<$ 0.967,RiskNormal(28.068,8.44),0)
G2B6	IF(RAND() $<$ 0.915,RiskTriang(15,15,45.32),0)
G2B7	IF(RAND() $<$ 0.986,RiskTriang(11.768,26,54.405),0)
G2B8	IF(RAND() $<$ 0.986,RiskNormal(33.4639,8.8622),0)
G2B9	IF(RAND() $<$ 0.877,RiskTriang(12.672,59,90.773),0)

LAMPIRAN E

<i>ID Plant</i>	S	Xbar	hw	n'
G206	9.15	30.29	17%	9
G240	17.12	33.23	29%	26
G241	9.65	35.53	15%	8
G243	9.29	16.82	31%	30
G244	4.16	21.33	11%	4
G246	8.41	27.39	17%	10
G247	10.06	22.79	24%	19
G248	11.69	25.82	25%	20
G249	13.04	50.09	14%	7
G24A	9.84	28.20	19%	12
G24B	6.26	18.38	19%	12
G24C	14.69	20.74	39%	49
G24D	20.69	36.72	31%	31
G24E	13.60	33.64	22%	16
G24F	7.48	27.47	15%	8
G250	10.11	13.29	42%	56
G251	10.03	34.67	16%	9
G253	11.87	31.69	21%	14
G254	10.74	26.26	23%	17
G255	9.12	23.83	21%	15
G256	7.95	20.15	22%	15
G257	8.87	19.01	26%	21
G258	8.67	30.74	16%	8
G259	15.30	35.54	24%	18
G25B	10.94	39.75	15%	8
G25C	9.07	26.09	19%	12
G25D	18.07	59.22	17%	9
G25E	8.04	21.79	20%	14
G25F	21.67	63.00	19%	12
G25G	9.89	37.48	15%	7
G25H	10.87	38.32	16%	8
G25I	6.86	31.02	12%	5
G25J	12.77	41.15	17%	10
G25K	13.75	44.54	17%	10
G25L	9.76	13.94	39%	48
G25M	11.65	47.45	14%	6
G25N	10.69	35.57	17%	9
G25O	9.04	35.38	14%	7
G25P	10.87	28.11	21%	15

<i>ID Plant</i>	S	Xbar	hw	n'
G25Q	9.39	24.15	22%	15
G25R	7.86	28.63	15%	8
G25S	12.84	31.80	22%	16
G25T	7.27	24.67	16%	9
G25U	12.27	42.29	16%	9
G25V	13.38	41.23	18%	11
G25W	10.93	39.29	15%	8
G25X	14.51	37.10	22%	15
G25Y	15.93	27.08	33%	34
G25Z	6.90	38.04	10%	-
G260	13.19	66.92	11%	4
G261	9.23	39.89	13%	6
G262	8.87	28.89	17%	10
G263	14.56	30.90	26%	22
G264	15.07	35.46	24%	18
G265	5.52	22.97	13%	6
G266	6.33	40.25	9%	-
G267	8.72	22.46	22%	15
G268	17.56	46.62	21%	14
G26A	18.08	29.55	34%	36
G26C	9.97	34.32	16%	9
G26D	19.33	57.88	18%	11
G26E	13.52	48.56	15%	8
G26F	10.21	35.24	16%	9
G26G	14.47	24.74	32%	33
G26H	11.81	30.43	21%	15
G26I	11.72	33.01	20%	13
G26J	7.60	34.54	12%	5
G26K	5.73	28.21	11%	4
G26L	16.50	62.55	15%	7
G26M	12.41	51.45	13%	6
G26N	5.23	40.13	7%	-
G26O	6.81	39.36	10%	-
G26P	11.57	43.98	15%	7
G26Q	10.22	32.16	18%	10
G26R	11.53	32.58	20%	13
G26S	9.21	28.36	18%	11
G26T	14.35	40.09	20%	13
G26U	5.46	24.89	12%	5
G26V	8.98	29.07	17%	10
G26W	9.84	34.27	16%	8

<i>ID Plant</i>	S	Xbar	hw	n'
G26X	13.78	37.56	20%	13
G26Y	6.90	30.24	13%	5
G26Z	10.89	33.34	18%	11
G271	12.27	34.34	20%	13
G275	6.27	19.09	18%	11
G277	11.04	36.86	17%	9
G279	6.81	25.91	15%	7
G27A	7.37	27.33	15%	7
G27B	4.98	21.14	13%	6
G27C	8.03	45.66	10%	-
G27D	8.45	24.07	19%	12
G27E	7.66	21.62	20%	13
G27F	9.92	30.04	18%	11
G27G	11.18	32.41	19%	12
G27H	7.99	29.71	15%	7
G27I	9.98	27.74	20%	13
G27J	9.80	42.70	13%	6
G27K	20.56	67.45	17%	9
G27L	11.35	59.84	11%	4
G27M	12.58	17.15	41%	52
G27N	12.39	35.17	20%	12
G27O	12.29	31.98	21%	15
G27P	7.71	28.71	15%	7
G27Q	9.61	31.20	17%	10
G27R	10.42	36.63	16%	8
G27S	18.03	58.23	17%	10
G27T	20.32	97.83	12%	5
G27U	12.74	46.27	15%	8
G27V	9.16	33.95	15%	7
G27W	16.10	47.55	19%	12
G27X	9.59	32.88	16%	9
G27Y	9.45	24.03	22%	15
G27Z	12.41	58.58	12%	5
G280	9.89	35.84	15%	8
G281	6.21	24.39	14%	7
G282	11.84	37.20	18%	10
G283	13.84	31.45	24%	19
G284	12.18	49.12	14%	6
G285	11.27	27.97	22%	16
G286	8.41	27.78	17%	9
G287	14.55	47.93	17%	9

<i>ID Plant</i>	S	Xbar	hw	n'
G288	14.90	44.76	18%	11
G289	11.51	17.47	36%	42
G28A	8.45	30.77	15%	8
G28B	16.13	39.90	22%	16
G28C	9.40	36.33	14%	7
G28D	14.59	50.23	16%	9
G28E	28.26	80.86	19%	12
G28F	11.56	33.25	19%	12
G28G	9.99	24.61	22%	16
G28I	10.70	27.18	22%	15
G28J	6.00	29.61	11%	4
G28K	9.92	24.69	22%	16
G28L	13.22	38.65	19%	12
G28M	8.65	31.99	15%	8
G28N	16.19	38.21	23%	18
G28O	11.14	30.15	20%	14
G28P	11.29	38.27	16%	9
G28Q	12.24	38.88	17%	10
G28R	8.21	17.88	25%	21
G28S	9.37	36.43	14%	7
G28T	7.60	16.94	25%	20
G28U	13.33	41.08	18%	11
G28V	11.53	32.60	20%	13
G28W	9.63	38.08	14%	7
G28X	14.34	54.59	15%	7
G28Y	18.42	31.89	32%	33
G28Z	10.14	30.65	18%	11
G290	9.09	35.80	14%	7
G291	14.44	41.76	19%	12
G294	9.44	36.80	14%	7
G295	9.40	33.90	15%	8
G296	10.90	28.25	21%	15
G297	5.81	18.50	17%	10
G298	13.57	32.12	23%	18
G299	12.28	36.51	19%	11
G29A	8.29	24.73	19%	11
G29B	14.72	82.04	10%	-
G29C	10.88	26.73	23%	16
G29D	10.48	21.32	27%	24
G29E	12.93	43.47	16%	9
G29F	5.31	29.78	10%	-

<i>ID Plant</i>	S	Xbar	hw	n'
G29G	8.02	30.01	15%	7
G29H	6.12	24.21	14%	7
G29I	8.24	21.78	21%	14
G29J	9.42	24.17	22%	15
G29K	14.87	62.35	13%	6
G29L	12.94	33.58	21%	15
G29M	16.05	40.98	22%	15
G29N	13.20	33.40	22%	15
G29O	12.29	50.92	13%	6
G29P	7.81	19.48	22%	16
G29Q	12.97	20.53	35%	39
G29R	10.95	16.21	37%	44
G29S	9.46	34.56	15%	8
G29T	12.68	34.00	21%	14
G29U	18.28	81.38	12%	5
G29W	9.96	17.04	32%	33
G29X	14.13	59.08	13%	6
G29Y	5.91	22.85	14%	7
G29Z	9.08	26.52	19%	12
G2A1	12.46	41.30	17%	9
G2A2	5.16	18.67	15%	8
G2A3	6.77	28.78	13%	6
G2A5	12.02	20.33	33%	34
G2A7	7.45	33.69	12%	5
G2A8	14.17	71.89	11%	4
G2A9	8.81	34.96	14%	7
G2B0	16.09	46.87	19%	12
G2B1	7.71	24.29	18%	10
G2B2	9.93	27.85	20%	13
G2B4	6.21	12.00	29%	26
G2B5	9.67	28.19	19%	12
G2B6	8.85	23.19	21%	14
G2B7	9.29	31.02	17%	9
G2B8	7.30	35.05	12%	5
G2B9	17.88	53.07	19%	11

BIOGRAFI PENULIS



Penulis, Jihan Firka Mahirah, lahir di Jakarta pada tanggal 5 April 1999 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal di SDN Tebet Barat 03 Pagi, SMP Yasporbi 1 Jakarta, SMAN 8 Jakarta, dan melanjutkan pendidikan sarjana di Departemen Teknik Sistem dan Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya. Selama masa perkuliahan, dalam rangka mengaplikasikan keilmuan Teknik Industri, penulis melakukan kerja praktik dan magang industri di PT. RPX Group pada Divisi *Pricing* (Desember 2018 – Februari 2019), PT. Telekomunikasi Selular pada Divisi *Digital Advertising and API Product Development* (Juli 2019 – Agustus 2019), dan PT. Pertamina MOR III pada Divisi *Supply & Distribution* (Februari 2020 – Juni 2020). Selain itu penulis juga aktif dalam mengikuti kegiatan organisasi mahasiswa seperti *Staff* Divisi IE Fair HMTI ITS 2017/2018 sebagai *Person in Charge* IE Games 13th Edition, Kabinet IE Fair HMTI ITS 2018/2019 sebagai *Project Manager* Inchall 2019, dan *Staff* ITS Expo 2018. Kemudian penulis juga berkesempatan menjadi asisten laboratorium Logistics and Supply Chain Management, Teknik Industri ITS, pada tahun 2018 – 2020. Pada tahun 2020, penulis mengikuti winter school program dengan mata kuliah *Digital Marketing* pada Istanbul Aydin University. Penulis juga mengikuti berbagai pelatihan *software* seperti ARENA, LINGO, dan VBA untuk mengembangkan *hard skill*. Untuk informasi lebih lanjut, penulis dapat dihubungi melalui email jihanmahirah@gmail.com, terima kasih.