



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PERMODELAN SIMULASI DISKRIT DALAM DISTRIBUSI
EMPAT PRODUK BBM PADA PERMASALAHAN TIGA DEPO
MENUJU TUJUAN TUNGGAL**

ARIGHI RADEVITO

NRP 02411340000143

Dosen Pembimbing

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

NIP. 197005231996011001

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018



FINAL PROJECT – TI 141501

**DISCRETE EVENT SIMULATION MODELLING OF
DISTRIBUTION FOUR PRODUCTS BBM IN SINGLE
DEMAND THREE DEPO CASE**

ARIGHI RADEVITO

NRP 02411340000143

Supervisor

Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

NIP. 197005231996011001

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT

Faculty of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya 2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)

LEMBAR PENGESAHAN

**PERMODELAN SIMULASI DISKRIT DALAM DISTRIBUSI
EMPAT PRODUK BBM PADA PERMASALAHAN TIGA
DEPO MENUJU TUJUAN TUNGGAL**

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

ARIGHI RADEVITO

NRP 0241134000143

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir



Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.
NIP. 19700523 199601 100

SURABAYA, JANUARI 2018

(halaman ini sengaja dikosongkan)

PERMODELAN SIMULASI DISKRIT DALAM DISTRIBUSI EMPAT PRODUK BBM PADA PERMASALAHAN TIGA DEPO MENUJU TUJUAN TUNGGAL

Nama : Arighi Radevito
NRP : 02411340000143
Jurusan : Teknik Industri
Pembimbing : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

ABSTRAK

Kapal sebagai salah satu mode transportasi yang digunakan untuk mendistribusikan produk BBM melalui jalur laut. Pengiriman BBM dilakukan kepada *demand node* dari 3 *supply point* yang ada untuk 4 jenis BBM. Penentuan jumlah & kapasitas kapal yang tepat dalam mendistribusikan BBM sehingga tidak terjadi kelangkaan merupakan hal yang kompleks. Hal ini dikarenakan selain adanya *uncertainty* dalam permintaan, lama *loading*, dan *unloading* di setiap pelabuhan dan jumlah produk yang dimodelkan lebih dari satu sehingga metode optimasi biasa sulit untuk dilakukan. Maka itu metode *discrete-event simulation* cocok digunakan untuk menyelesaikan permasalahan ini. Dengan menggunakan metode simulasi percobaan dapat dilakukan dengan skenario berbeda tanpa mempengaruhi kinerja operasional sistem yang ada

Model simulasi diskrit dapat menangkap kompleksitas dalam sistem distribusi eksisting. Selain itu simulasi dilakukan pada periode waktu yang ditetapkan dan perubahan variabel terjadi hanya pada waktu tertentu. Dalam melakukan pengembangan skenario penentuan jumlah & kapasitas kapal perlu diperhatikan faktor-faktor yang mempengaruhi kinerja sistem. Aturan penugasan rute dan kompartemen merupakan salah satu faktor yang harus diperhatikan dalam distribusi multi produk. Dalam penentuan skenario terbaik, parameter seperti biaya dan *service level* menjadi acuan utama. Kedua parameter ini memiliki *trade off* yang kuat sehingga perlu pembobotan dengan metode Entropy dalam *multi criteria decision making* (MCDM) untuk menentukan bobot kriteria & skenario terbaik dalam simulasi.

Hasil penelitian menunjukkan model simulasi skenario 5 dengan jumlah kapal 6 dan kapasitas total 20200 kl merupakan skenario terbaik. Selain itu, prosedur penugasan kapal yang terbaik adalah *undedicated compartment*. Dari pengerjaan penelitian juga didapatkan pengaruh *time windows*, kapasitas kompartemen & *storage* terhadap performansi sistem. Dengan adanya pengaturan penugasan yang sesuai maka diharapkan performansi sistem yang ada seperti *service level* akan meningkat dan biaya operasional akan berkurang.

Kata Kunci: *Multi product*, Transportasi Laut, Entropy, Simulasi Diskrit

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DISCRETE EVENT SIMULATION MODELLING OF DISTRIBUTION FOUR PRODUCTS BBM IN SINGLE DEMAND THREE DEPO CASE

Name : Arighi Radevito
NRP : 02411340000143
Department : Industrial Engineering
Supervisor : Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D.

ABSTRACT

Ship as one of the transportation used to distribute BBM through sea. Distribution in this case is between 3 supply nodes & 1 demand node which included 4 types of BBM. Determining ship capacity & number of ships operated by company is such a complex problem. Demand uncertainty, loading unloading duration in different quay and number of product modelled in this case makes it hard to solve this problem by optimization model. So, discrete-event simulation is the method suitable for this complex case. By doing simulation, different scenarios can be applied in the model without interfere performance of the real system.

Discrete event simulation could explain complexity in distribution system. Otherwise, simulation is conducted in set periods of time & variables are changing in certain periods of time. In developing scenarios to find number of ships & ship capacity, factors that involved in the system needs to be considered well. Routing & compartment assignment are two of those factors which need to be considered. In determining best scenario, cost & service levels are the main parameter. These parameters have strong trade off so it is necessary to weighting these parameters with Entropy method in multi criteria decision making (MCDM) to find parameter's weight & best scenario in simulation.

This research shows that scenario 5 with 6 ships & 20200 kl total capacity is the best scenario. Beside that, the suitable procedure for distributing multi product is undedicated compartment. From this research, we know how much time windows, storage & compartment capacity influence in system performance. Hopefully with the right number of ships, ship capacity and procedures the company can increase each service level of BBM and save money through efficiency in distribution cost.

Keywords: Multi product, Maritime Transportation, Entropy, Discrete Event Simulation

(halaman ini sengaja dikosongkan)

KATA PENGANTAR

Puji syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT senantiasa penulis panjatkan karena berkat rahmat dan hidayah-Nya, penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir “**Permodelan Simulasi Diskrit dalam Distribusi Multi Produk BBM pada Permasalahan Multi Depot Menuju Tujuan Tunggal**”. Shalawat serta salam juga senantiasa penulis haturkan kepada baginda Nabi Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan dalam menyelesaikan studi Strata-1 di Departemen Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Dalam pelaksanaan dan penyusunan Laporan Tugas Akhir ini penulis telah menerima banyak sekali bantuan, saran dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D. selaku kepala departemen dan dosen pembimbing yang telah memberikan arahan, ilmu, nasihat, bimbingan dan masukan selama pengerjaan tugas akhir serta diberikan kesempatan menjadi mahasiswa yang dibimbing.
2. Bapak Judha Sumarianto, Bapak Ayub Pribadi, Bapak Andrie Buana, Bapak Singgih dan Bapak Sendy yang telah bersedia direpotkan dalam memberikan data perusahaan yang sangat berguna bagi penelitian ini.
3. Bapak Dody Hartanto, S.T., M.T., dan Ibu Diesta Iva Maftuhah, S.T., M.T. selaku dosen penguji seminar proposal yang telah memberikan saran dan perbaikan untuk penelitian ini.
4. Bapak Stefanus Eko Wiratno, S.T., M.T. dan Bapak Erwin Widodo. S.T., M. Eng., Dr.Eng selaku dosen penguji sidang tugas yang telah memberikan saran dan perbaikan yang sangat berguna untuk penelitian ini.
5. Bapak Yudha Andrian Saputra, S.T., MBA selaku sekretaris departemen Teknik Industri beserta seluruh staff akademik, karyawan dan civitas akademika yang ada di Departemen Teknik Industri ITS atas dukungan dalam kegiatan perkuliahan dan pengerjaan tugas akhir ini.

6. Ir. Media Dinamika dan Lina Alfina Septianingsih, S.E. selaku kedua orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan, semangat serta doa yang luar biasa selama pertumbuhan dan kegiatan perkuliahan penulis, serta Davyan Ichsandira dan Chalita Eldivari Ilmani selaku kakak dan adik penulis atas semangat dan dukungan yang telah diberikan selama ini.
7. Semua pihak yang namanya tidak dapat disebutkan satu persatu, terima kasih atas segala bantuan yang telah diberikan kepada penulis.

Laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan, apabila dalam penulisan laporan terdapat kesalahan, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya. Kritik dan saran sangat penulis harapkan untuk membuat laporan ini menjadi lebih baik. Penulis berharap agar Laporan Tugas Akhir ini bermanfaat bagi semua pihak yang membutuhkan.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	8
1.3 Tujuan Penelitian.....	8
1.4 Manfaat Penelitian.....	9
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	9
1.5.1 Batasan	9
1.5.2 Asumsi	9
1.6 Sistematika Penulisan.....	10
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	13
2.1 Sekilas Mengenai PT Pertamina (Persero).....	13
2.2 Distribusi Jalur Laut	15
2.3 Skema Penyewaan Kapal	18
2.4 <i>Ship Inventory Routing Problem</i>	20
2.5 Studi Sistem dan Simulasi	21
2.5.1 Sistem.....	21
2.5.2 Elemen Sistem.....	22
2.5.3 Simulasi.....	23
2.5.4 Verifikasi dan Validasi.....	24
2.6 Uji Hipotesis dan ANOVA.....	25
2.7 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya.....	26
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	29

3.1	Studi Sistem Distribusi	30
3.1.1	Ringkasan Situasi Permasalahan	30
3.1.2	Elemen Sistem	33
3.1.3	Variable Sistem	35
3.2	Pengumpulan Data	35
3.3	Pengolahan Data	36
3.4	Pembuatan Model Konseptual	37
3.5	Pembuatan Model Simulasi	37
3.6	Verifikasi dan Validasi	38
3.7	Pembuatan Skenario	38
3.8	Eksperimen	39
3.9	Analisis Skenario	39
3.10	Penarikan Kesimpulan	40
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		41
4.1	Pengumpulan Data	41
4.1.1	Data Struktural.....	41
4.1.2	Data Operasional	42
4.1.3	Data Numerik	44
4.2	Pengolahan Data	47
BAB 5 PERANCANGAN MODEL SIMULASI.....		51
5.1	Model Konseptual.....	51
5.1.1	Model Konseptual Berlayar Menuju Demand Point	51
5.1.2	Model Konseptual Berlayar Menuju Pelabuhan Supply	54
5.1.3	Model Konseptual Penentuan Tujuan Pelabuhan Supply	57
5.1.4	Model Konseptual Update Inventory Pelabuhan Bongkar	59
5.1.5	Model Konseptual Update Inventory Pelabuhan Supply	61
5.2	Model Simulasi	63
5.2.1	Submodel Kondisi Awal.....	63
5.2.2	Submodel Inventory Supply Point.....	64
5.2.3	Submodel Inventory Demand Tujuan.....	65
5.2.4	Submodel Loading BBM pada Supply Point	66

5.2.5	Submodel Unloading BBM pada Demand Point	67
5.3	Perhitungan Jumlah Replikasi	69
5.4	Verifikasi dan Validasi	71
5.4.1	Verifikasi.....	71
5.4.2	Validasi	73
BAB 6	EKSPERIMEN DAN ANALISIS	77
6.1	Eksperimen	77
6.1.1	Kondisi Eksisting	77
6.1.2	Perancangan Skenario	79
6.1.2	Pemilihan Skenario Terbaik.....	87
6.2	Analisis Skenario.....	91
6.2.1	Analisis Kondisi Eksisting	91
6.2.2	Analisis Skenario Undedicated Route.....	92
6.2.3	Analisis Skenario Undedicated Compartment	93
6.2.4	Analisis Skenario Undedicated Route & Compartment	94
6.2.5	Analisis Skenario Perubahan Jumlah dan Kapasitas Kapal	96
6.2.6	Analisis Skenario Terpilih.....	96
6.3	Analisis Sensitivitas	99
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN	101
7.1	Kesimpulan.....	101
7.2	Saran	102
DAFTAR PUSTAKA		v
LAMPIRAN.....		ix
BIOGRAFI PENULIS		v

(halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Kendala yang ditemukan di PT Pertamina (Persero)	6
Tabel 2. 1 Karakteristik Beberapa Moda Transportasi	16
Tabel 2. 2 Perbandingan Biaya Transportasi antar Moda	16
Tabel 2. 3 Perbandingan Biaya Transportasi antar Moda (Lanjutan)	17
Tabel 2. 4 Faktor-faktor dalam Transportasi Laut	17
Tabel 2. 5 Faktor-faktor dalam Transportasi Laut (Lanjutan)	18
Tabel 2. 6 Variabel-variabel yang Mempengaruhi Model Simulasi	23
Tabel 2. 7 Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya	27
Tabel 3. 1 Variabel Sistem Distribusi BBM Jalur Laut	35
Tabel 3. 2 Pengumpulan Data Distribusi BBM Jalur Laut	36
Tabel 3. 3 Pengumpulan Data Distribusi BBM Jalur Laut (Lanjutan)	Error!
Bookmark not defined.	
Tabel 4. 1 Data Struktural Kapal	41
Tabel 4. 2 Data Struktural Pelabuhan Bongkar	42
Tabel 4. 3 Data Struktural Pelabuhan <i>Supply</i>	42
Tabel 4. 4 Data Operasional Kapal	43
Tabel 4. 5 Data Numerik Kapal	45
Tabel 4. 6 Data Numerik Konsumsi Bahan Bakar Kapal	45
Tabel 4. 7 Jarak Antar Pelabuhan	46
Tabel 4. 8 Data Numerik Kapasitas <i>Storage</i> setiap Pelabuhan	46
Tabel 4. 9 Rekap Pengolahan Data BBM, <i>Supply Point</i> & <i>Demand</i> Tujuan	47
Tabel 4. 10 Rekap Pengolahan Data Durasi Pelabuhan <i>Supply Point</i> & <i>Demand</i> Tujuan	48
Tabel 4. 11 Rekap Pengolahan Data Kapal	48
Tabel 5. 1 <i>Output Running</i> Awal Penentuan Jumlah Replikasi	70
Tabel 5. 2 <i>Output</i> Hasil Simulasi	73
Tabel 5. 3 Hasil Uji Hipotesis Rataan Dua Populasi <i>SOH</i> Produk 1 & Produk 2	74
Tabel 5. 4 Hasil Uji Hipotesis Rataan Dua Populasi <i>SOH</i> Produk 3 & Produk 4	75

Tabel	6.	1	Rekap	<i>Output</i>	Hasil
Simulasi.....					Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 2			Rekap	<i>Output</i>	Hasil Simulasi Lanjutan Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 3			Bobot Parameter Berdasarkan Wawancara		88
Tabel 6. 4			Bobot Skenario Berdasarkan Perbandingan dengan Kondisi Eksisting		88
Tabel 6. 5			Bobot Akhir Setiap Kriteria dengan Metode Entropy		90
Tabel 6. 6			Pemilihan Skenario Terbaik dengan Metode Entropy.....		90
Tabel 6. 7			Rekap Eksperimen Skenario Perubahan Jumlah & Kapasitas Kapal		
.....					Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 8			<i>Output</i> Perubahan Kapasitas <i>Storage Supply Point & Demand Node</i>		
.....					Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 9			<i>Output</i> Perubahan Kapasitas Kapal Sistem		Error! Bookmark not defined.
Tabel 6. 10			<i>Output</i> Perubahan <i>Time Windows</i> Sistem.....		Error! Bookmark not defined.

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Konsumsi BBM di Indonesia (Migas, 2017)	1
Gambar 1. 2 Jaringan Distribusi BBM PT Pertamina (Migas, 1999).....	3
Gambar 1. 3 Proses Distribusi PT Pertamina (Persero) Jalur Laut	5
Gambar 1. 4 Fishbone Diagram Permasalahan PT Pertamina (Persero)	7
Gambar 2. 1 Lokasi <i>Refinery Unit</i> PT Pertamina (Persero).....	15
Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian	29
Gambar 3. 2 Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)	30
Gambar 3. 3 Ringkasan Situasi Permasalahan.....	31
Gambar 3. 4 Aktivitas dalam Distribusi BBM Jalur Laut.....	34
Gambar 3. 5 Model Konseptual Sistem Distribusi PT Pertamina.....	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 4. 1 Prosedur dalam Sistem Distribusi Eksisting.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 4. 2 <i>Activity Cycle Diagram</i> Kapal Tanker	44
Gambar 4. 3 Hasil <i>Fitting Distribution Demand</i> Produk Premium	47
Gambar 5. 1 Model Konseptual Berlayar menuju <i>Demand Point</i>	52
Gambar 5. 2 Model Konseptual Berlayar Menuju Pelabuhan <i>Supply</i>	55
Gambar 5. 3 Model Konseptual Penentuan Tujuan Pelabuhan <i>Supply</i>	58
Gambar 5. 4 Model Konseptual <i>Update Inventory</i> Pelabuhan Bongkar.....	60
Gambar 5. 5 Model Konseptual <i>Update Inventory</i> Pelabuhan <i>Supply</i>	62
Gambar 5. 6 <i>Submodel</i> Kondisi Awal Simulasi.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 7 <i>Submodel Inventory Supply Point</i>	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 8 <i>Submodel Inventory Demand</i> Tujuan.....	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 9 <i>Submodel Loading BBM pada Supply Point</i> ...	Error! Bookmark not defined.
Gambar 5. 10 <i>Submodel Unloading BBM pada Terminal Demand</i>	Error!
Bookmark not defined.	
Gambar 5. 11 Verifikasi <i>Syntac Error</i> pada Model Simulasi	Error! Bookmark not defined.

Gambar 5. 12 Animasi Model Pengiriman Kapal . **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 5. 13 Animasi Model *Update Stock Storage* BBM **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6. 1 Grafik Stok & *Coverage Days* Kondisi Eksisting.....78

Gambar 6. 2 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 1 81

Gambar 6. 3 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 2 82

Gambar 6. 4 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 3 84

Gambar 6. 5 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 4 85

Gambar 6. 6 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 5 86

Gambar 6. 7 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 6**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6. 8 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 7**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6. 9 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 8**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6. 10 Grafik Stok & *Coverage Days* Skenario 9**Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6. 11 Uji Skenario dengan ANOVA..... **Error! Bookmark not defined.**

Gambar 6. 12 Prosedur Aturan *Undedicated Compartment*..... 98

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab pendahuluan ini akan dijelaskan mengenai dasar-dasar dalam melakukan penelitian yaitu latar belakang permasalahan, identifikasi permasalahan penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Ketersediaan bahan bakar minyak (BBM) merupakan hal yang penting dalam menggerakkan roda perekonomian Indonesia. Dengan semakin baiknya ekonomi Indonesia, maka semakin tinggi pula tingkat konsumsi masyarakat termasuk tingkat konsumsi bahan bakar minyak (BBM). Peningkatan konsumsi BBM ini akan berpengaruh pada produksi, ketersediaan dan penyaluran bahan bakar minyak (BBM) yang harus dijaga dengan baik. Peningkatan konsumsi BBM ini tentu membutuhkan infrastruktur pendukung dan distribusi BBM yang baik sehingga tidak terjadi kelangkaan BBM. Berikut ini adalah data historis *demand* BBM nasional dari tahun 2006 hingga bulan Juli tahun 2017.



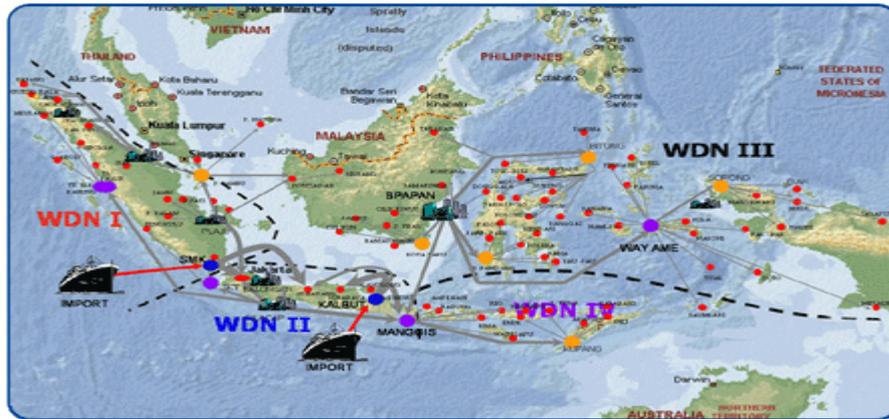
Gambar 1. 1 Konsumsi BBM di Indonesia (Migas, 2017)

Pada Gambar 1.1 menunjukkan bahwa ada tiga jenis BBM yaitu JBU (jenis BBM umum), JBKP (jenis BBM khusus penugasan) dan JBT (jenis BBM tertentu). Jenis BBM tertentu terdiri dari Minyak Tanah dan Solar, sedangkan jenis BBM

khusus penugasan terdiri dari BBM jenis premium dan jenis BBM umum terdiri dari seluruh BBM yang berada diluar kedua jenis sebelumnya. Terlihat pada Gambar 1.1 bahwa konsumsi BBM cenderung stabil bahkan pada jenis BBM tertentu (JBT) cenderung naik pada tahun 2006 hingga 2014 dan jenis BBM umum (JBU) cenderung naik drastis pada tahun 2015 hingga saat ini. Untuk memenuhi konsumsi yang setiap tahun semakin meningkat, diperlukan distribusi BBM yang baik sehingga tidak terjadi *stockout* atau kelangkaan BBM di daerah-daerah Indonesia. Salah satu cara yang digunakan dalam distribusi BBM adalah dengan transportasi.

Transportasi adalah pergerakan produk dari suatu lokasi ke lokasi lainnya yang merupakan permulaan rantai pasok sampai ke konsumen akhir (Chopra & Meindl, 2007). Transportasi dapat dibedakan menjadi tiga jenis berdasarkan medianya yaitu darat, laut dan udara. Setiap jenis transportasi memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing. Pada distribusi BBM ke daerah-daerah di Indonesia, transportasi jalur laut sering menjadi pilihan karena karakteristik Indonesia yang merupakan Negara kepulauan, dapat mengangkut muatan yang banyak serta biaya yang relatif lebih murah dibandingkan dengan moda transportasi lainnya. Pada suatu permasalahan distribusi, transportasi pada umumnya terkait dengan manajemen persediaan dikarenakan aktivitas transportasi biasanya dipicu oleh tingkat persediaan sehingga terjadi proses distribusi.

Transportasi dan manajemen persediaan merupakan dua hal yang umumnya menjadi tolak ukur efektivitas dan efisiensi proses distribusi. Padahal untuk mengatasi permasalahan optimalisasi rute kendaraan/transportasi perlu menentukan berapa jumlah produk yang tepat dan kapan akan dikirimkan. Metode yang umumnya digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah *inventory routing problem* (IRP). Golden et al, (2008) mendefinisikan *Inventory routing problem* (IRP) dalam bukunya lebih penting dan merupakan lanjutan dari *vehicle routing problem*, dimana kebijakan *inventory* dan penentuan rute dilakukan secara simultan. Dalam distribusi BBM di Indonesia, salah satu perusahaan yang memiliki jaringan distribusi BBM di seluruh Indonesia adalah PT Pertamina (Persero).

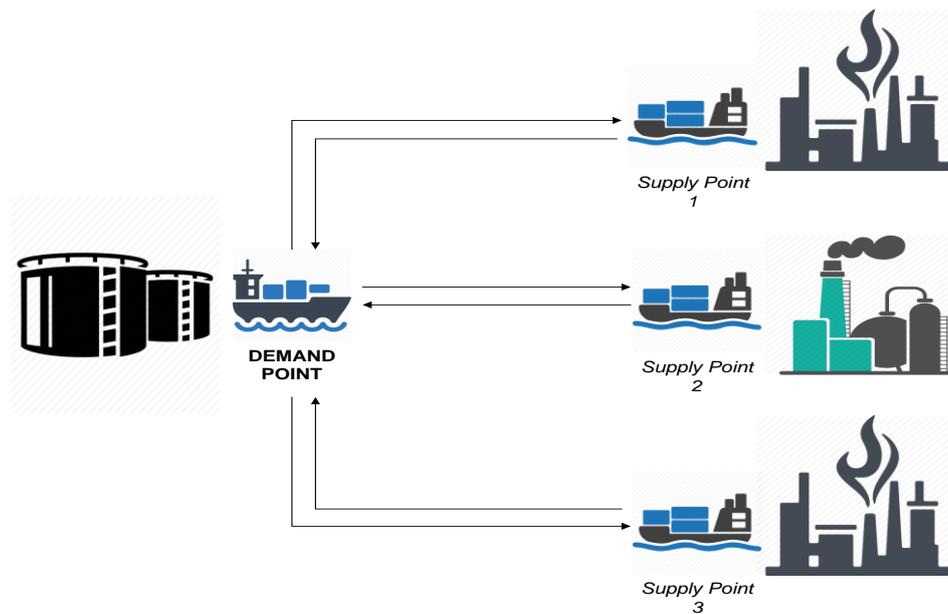


Gambar 1. 2 Jaringan Distribusi BBM PT Pertamina (Migas, 1999)

Tanker, pipa dan *rail tank wagon* (RTW) merupakan moda transportasi yang biasa digunakan PT Pertamina untuk mendistribusikan BBM dari kilang (*refinery unit*), terminal transit hingga ke depo tujuan. Kegiatan ini merupakan penyediaan dan penyaluran BBM dalam negeri dengan memperhatikan berbagai faktor. Pada penelitian kali ini, obyek yang akan dijadikan amatan adalah kegiatan distribusi PT Pertamina (Persero) pada wilayah Indonesia Barat dengan menggunakan kapal *tanker*.

Pada distribusi BBM obyek amatan, *tanker* merupakan moda transportasi utama yang sering digunakan dalam distribusi dari 1st tier (*refinery unit*) dan 2nd tier (terminal transit) menuju depo tujuan atau *demand point* dan distribusi dari *demand point* ke SPBU sekitar yang ada di wilayah Indonesia barat dengan menggunakan truk BBM. Pada obyek penelitian yang diamati, jalur distribusi hanya

melibatkan 3 *supply point* (*1st tier & 2nd tier*) yang terdiri dari dua *refinery unit* serta 1 terminal transit dengan 1 depo tujuan (*3rd tier*) serta menggunakan moda transportasi kapal *tanker*. *Supply point* yang menjadi penyalur BBM ke depo tujuan sendiri memiliki *production* dan *supply rate* yang berbeda-beda dan bersifat stokastik untuk setiap jenis BBM yang ada. Jenis BBM yang disalurkan dari tiga *supply point* menuju depo tujuan adalah BBM jenis JBKP (Produk 1), satu BBM jenis JBT (Produk 2) dan dua BBM jenis JBU (Produk 3 dan Produk 4) dan satu jenis BBM aviasi (Produk 5). Setiap jenis produk BBM memiliki *demand rate* yang bervariasi untuk tiap jenis dan berubah dari waktu ke waktu mengikuti permintaan pasar. Proses distribusi BBM eksisting dimulai dengan kapal *loading* untuk mengambil salah satu jenis BBM pada salah satu *supply point* kemudian kapal *tanker* berlayar menuju *demand point* untuk *unloading* muatan kapal pada *storage demand point*. Pada *demand point*, terdapat satu *jetty* yang tersedia dan beberapa tangki timbun untuk masing-masing jenis BBM yang akan disimpan. Tangki timbun *demand point* memiliki *safe stock*, *deadstock* dan kapasitas yang berbeda-beda. Saat ini terdapat 7 kapal yang bertugas mendistribusikan BBM dari *supply point* menuju ke *demand point* dengan rute, kapasitas dan muatan yang berbeda-beda serta kompartemen yang bersifat *undedicated*. Kondisi kapal yang digunakan tidak selalu dalam kondisi baik sehingga apabila terkadang kapal tidak dapat melayani distribusi BBM. Keterbatasan armada dan kondisi kapal yang tidak selalu dalam keadaan baik inilah yang menyebabkan keterlambatan kapal untuk menyalurkan BBM. Selain itu keterlambatan kapal juga didukung oleh kondisi cuaca yang tidak menentu, perencanaan penjadwalan kapal yang kurang baik serta kurangnya koordinasi antar petugas di *supply point* dan *demand point* PT Pertamina (Persero). Gambaran distribusi pada PT Pertamina (Persero) wilayah Indonesia Barat adalah sebagai berikut.



Gambar 1. 3 Proses Distribusi PT Pertamina (Persero) Jalur Laut

Selain itu, pemilihan objek amatan ini didasari oleh beberapa alasan antara lain adalah *demand rate* pada *demand point* yang tinggi dan cenderung fluktuatif, jenis produk BBM yang beragam, dan sering terjadinya keterlambatan kapal dari jadwal yang seharusnya hingga menyebabkan salah satu jenis BBM masuk pada tingkat kritis hingga *shortage*. Tingkat kritis merupakan tingkat dimana *coverage days* salah satu jenis BBM dibawah 3 hari & hal ini harus dihindari karena berpotensi terjadi *shortage* BBM yang akan berdampak pada terganggunya *supply* ke masyarakat. Untuk menghindari *shortage* yang mungkin terjadi perusahaan telah menetapkan level pengiriman, kritis dan krisis berdasarkan *coverage days* setiap jenis BBM. Namun dalam upaya perusahaan menghindari *shortage*, masih terdapat beberapa kali terjadi level kritis untuk setiap jenis BBM yang ada dan jika tidak diberikan solusi yang konkrit maka kemungkinan terjadi *shortage* akan semakin besar dan hal tersebut akan menjadi kerugian bagi perusahaan.

Meskipun sudah terdapat tujuh kapal yang beroperasi, tetap saja masih dirasa kurang mengingat masih tingginya intensitas pengiriman BBM dari tiga *supply point* ke *demand point* yang tidak dapat dipenuhi oleh tujuh kapal tersebut sehingga terjadi *shortage*. Ketujuh kapal yang beroperasi memiliki rute, jenis

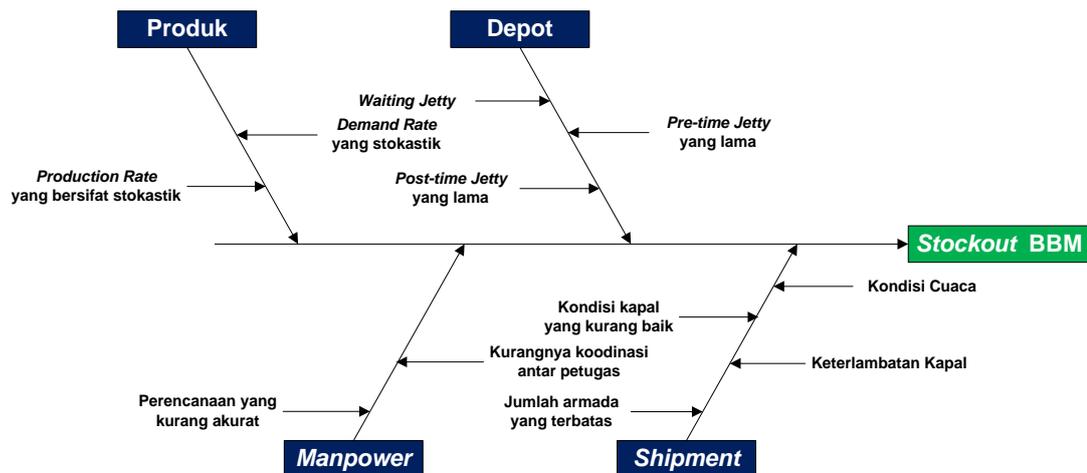
muatan, kapasitas, kecepatan dan kompartemen kapal yang berbeda-beda. Faktor-faktor inilah yang menyebabkan terjadinya kendala pada proses distribusi yang dilakukan oleh PT Pertamina (Persero) wilayah Indonesia Barat. Tabel 1.1 berikut akan menunjukkan kendala-kendala yang dihadapi oleh perusahaan.

Tabel 1. 1 Kendala yang ditemukan di PT Pertamina (Persero)

No	Kendala
1	<i>Demand rate</i> yang bersifat stokastik baik di <i>supply point</i> maupun TBBM
2	<i>Production/Supply rate supply point</i> yang bersifat stokastik
3	Terjadi kondisi <i>waiting jetty</i>
4	Kurangnya koordinasi antar petugas di <i>supply point</i> dan TBBM
5	<i>Planning</i> jadwal kapal yang kurang akurat
6	Kondisi kapal yang tidak selalu dalam keadaan baik
7	Jumlah armada kapal yang terbatas
8	Kondisi cuaca yang tidak menentu

(Sumber: Wawancara dengan pihak PT Pertamina (Persero))

Kendala-kendala yang telah disebutkan merupakan penanda utama bahwa terdapat suatu problem yang lebih besar lagi pada proses distribusi jalur laut yang diimplementasikan oleh PT Pertamina (Persero). Peta permasalahan ini dapat digambarkan dalam suatu *fishbone diagram*. *Fishbone diagram* merupakan sebuah diagram untuk melakukan identifikasi penyebab atau kendala yang menyebabkan suatu permasalahan muncul (Wealleans, 2001). Berikut ini adalah *fishbone diagram* permasalahan utama serta penyebab terjadinya permasalahan tersebut berdasarkan wawancara dengan pihak perusahaan.



Gambar 1. 4 Fishbone Diagram Permasalahan PT Pertamina (Persero)

Berdasarkan permasalahan yang dialami oleh PT Pertamina (Persero), maka akan dikembangkan model *ship inventory routing problem undedicated compartment* (sIRP-UC) untuk penjadwalan, penentuan jumlah dan kapasitas kapal BBM dengan jenis *multi undedicated compartment*. sIRP-UC merupakan salah satu pengembangan konsep dari *inventory routing problem* (IRP) yang memiliki fokus pada *inventory management* dan *routing* (Siswanto, et al., 2011). Selain itu akan dilakukan penentuan prosedur pengiriman jumlah dan jenis BBM untuk masing-masing kapal yang beroperasi. Umumnya, model sIRP-UC berfokus pada distribusi produk cair dari beberapa depot menuju ke *demand node* dalam periode tertentu. Pada penelitian sebelumnya, konsep *inventory routing problem* (IRP) juga diteliti oleh Al-Khayyal dan Hwang (2007) dan Christiansen (2011). Model Al-Khayyal dan Hwang (2007) berfokus pada distribusi *multi-product*, sedangkan model yang dikembangkan oleh Christiansen (2011) juga merupakan model distribusi untuk beberapa produk, namun diasumsikan bahwa tidak boleh dilakukannya *partially unloading*. Selain itu, kedua penelitian ini diperkuat dengan penelitian Siswanto et al. (2011) yang mengembangkan model sIRP-UC yang berfokus pada permasalahan penugasan kapal *multi-undedicated compartment* dan diperbolehkannya kebijakan *partial loading* dikarenakan kompartemen kapal memiliki kapasitas yang lebih besar dibandingkan dengan kuantitas muatan yang dibongkar.

Dari permasalahan dan metode-metode dalam penyelesaian masalah serupa, penelitian ini berfokus pada membuat suatu perencanaan penjadwalan, jumlah kapal dan kapasitas kapal serta prosedur penentuan jumlah dan jenis BBM yang akan didistribusikan untuk distribusi yang bertujuan untuk pemenuhan kebutuhan BBM yang ada di wilayah Indonesia Barat. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode simulasi yaitu metode untuk meniru sistem nyata serta melakukan evaluasi terhadap sistem nyata untuk dilakukannya perbaikan. Pemilihan metode simulasi ini didasari oleh banyaknya faktor-faktor stokastik dalam permasalahan ini serta keterkaitan antar elemen yang ada pada sistem sangat erat, sehingga dengan metode ini diharapkan akan mendapat solusi yang lebih cepat dan akurat serta dapat mengakomodasi seluruh faktor-faktor stokastik yang ada. Pada akhirnya akan ditentukan jumlah kapal dan kapasitas kapal yang optimal pada permasalahan ini untuk menghindari *shortage* dan minimasi biaya yang harus ditanggung perusahaan sehingga dapat menyelesaikan problem perusahaan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang akan dibahas pada penelitian ini adalah pengembangan model simulasi diskrit untuk menentukan jumlah dan kapasitas kapal yang digunakan serta mengembangkan prosedur dalam penentuan jumlah dan jenis BBM yang akan didistribusikan perusahaan dengan tujuan meminimasi biaya dan menghindari *shortage* untuk setiap produk di perusahaan.

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut ini adalah tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian tugas akhir ini.

1. Mengembangkan model konseptual serta model simulasi distribusi BBM melalui jalur laut pada perusahaan dengan menggunakan *software* simulasi diskrit pada sistem eksisting.
2. Mengembangkan beberapa skenario perbaikan terkait penentuan jumlah dan kapasitas kapal serta prosedur penentuan jumlah dan jenis BBM yang dikirim sebagai alternatif untuk distribusi BBM jalur laut perusahaan

3. Menentukan jumlah dan kapasitas kapal yang akan digunakan untuk distribusi jalur laut perusahaan
4. Menentukan prosedur untuk penentuan jumlah dan jenis produk BBM yang akan dikirim perusahaan.

1.4 Manfaat Penelitian

Berikut ini adalah manfaat yang akan didapatkan dari penelitian tugas akhir ini.

1. Menjadi bahan rujukan atau referensi untuk penelitian selanjutnya terkait dengan distribusi BBM melalui jalur laut.
2. Memberikan rekomendasi bagi perusahaan terkait penentuan jumlah dan kapasitas kapal.
3. Memberikan rekomendasi prosedur bagi PT Pertamina (Persero) terkait jenis dan jumlah produk BBM yang akan dikirim.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian akan membahas batasan-batasan serta asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

1.5.1 Batasan

Berikut ini merupakan batasan-batasan yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

1. Batasan sistem distribusi pada permasalahan ini adalah distribusi dari *1st tier (refinery unit)* menuju *3rd tier (terminal BBM)* dan *2nd tier (terminal transit)* menuju *3rd tier (terminal BBM)* dengan transportasi laut.
2. Jenis bahan bakar minyak (BBM) yang dimodelkan adalah Produk 1, Produk 2, Produk 3 dan Produk 4

1.5.2 Asumsi

Berikut ini merupakan asumsi-asumsi yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini.

1. Perhitungan biaya hanya melibatkan biaya bahan bakar kapal dan biaya penyewaan kapal. Biaya *inventory*, biaya pemeliharaan, biaya pelabuhan, dan biaya pencucian kompartemen diabaikan.
2. Harga bahan bakar per liter yang digunakan tidak mengalami perubahan.
3. Kegiatan distribusi berlangsung secara kontinyu dan tidak terdapat kerusakan pada kapal baik bersifat *minor* atau *major* pada masa operasional kapal.
4. Pergantian muatan kompartemen kapal tidak diperhatikan, sehingga kompartemen kapal dapat diisi dengan BBM jenis apapun setelah proses *unloading*.

1.6 Sistematika Penulisan

Pada penulisan laporan tugas akhir ini, terdiri dari enam bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut.

BAB 1 PENDAHULUAN

Bab pendahuluan pada penelitian ini akan membahas mengenai hal-hal yang mendasari dilakukannya penelitian ini. Pada bab ini akan dibahas mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian yang mencakup batasan dan asumsi.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Bab tinjauan pustaka pada penelitian ini akan membahas mengenai informasi, penelitian yang terkait serta teori-teori pendukung yang digunakan sebagai referensi utama dalam pengerjaan tugas akhir ini. Beberapa teori yang akan dijelaskan pada bab ini adalah distribusi jalur laut, skema penyewaan kapal, *ship inventory routing problem*, studi sistem dan simulasi, uji hipotesis dan *analysis of variance* (ANOVA), dan posisi penelitian jika dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Bab metodologi penelitian ini akan membahas mengenai metodologi yang digunakan dalam penelitian berupa tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam penelitian secara sistematis dan struktural. Bahasan utama yang akan dimuat pada

bab ini adalah studi sistem distribusi, pengumpulan dan pengolahan data, pembuatan model konseptual, pembuatan model simulasi, verifikasi dan validasi, pembuatan skenario, eksperimen, analisis skenario, dan kesimpulan.

BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab pengumpulan dan pengolahan data ini berisi data-data yang akan menjadi bahan dari model permasalahan. Data-data yang diperoleh merupakan data sekunder dari perusahaan yang kemudian akan diolah menggunakan *software input analyzer* untuk diketahui distribusinya. Data-data yang telah diolah ini akan menjadi *input* dari model simulasi permasalahan yang ada

BAB 5 PERANCANGAN MODEL SIMULASI

Bab perancangan model simulasi ini memuat pembuatan model yang dimulai dari pembuatan model konseptual, pembuatan model simulasi pada *software* simulasi diskrit, dan verifikasi dan validasi model sehingga model dapat dipastikan merepresentasikan sistem nyata dan konseptual yang telah dibuat

BAB 6 EKSPERIMEN DAN ANALISIS

Bab eksperimen dan hasil ini akan membahas mengenai hasil eksperimen model simulasi. Selain itu, pada bab ini akan ditentukan beberapa skenario yang akan diuji. Hasil pengujian skenario ini nantinya akan dievaluasi untuk menentukan skenario terbaik yang berpengaruh besar pada performansi sistem.

BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN

Bab kesimpulan dan saran ini akan membahas tentang kesimpulan yang dari hasil penelitian yang telah dilakukan sebagai solusi dari tujuan penelitian yang telah dijelaskan. Selain itu terdapat saran yang diberikan untuk perbaikan penelitian-penelitian terkait di masa mendatang.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab tinjauan pustaka ini akan dijelaskan mengenai landasan teori dan konsep yang digunakan dalam penelitian ini. Penjelasan ini meliputi sekilas mengenai PT Pertamina (Persero), distribusi jalur laut, skema penyewaan kapal, *ship inventory routing problem* (sIRP), studi sistem dan simulasi, uji hipotesis dan ANOVA, dan perbandingan dengan penelitian sebelumnya.

2.1 Sekilas Mengenai PT Pertamina (Persero)

Minyak dan gas bumi merupakan salah satu komoditas utama di Indonesia, baik sebagai sumber energi maupun sebagai bahan baku produk turunan untuk pemenuhan kebutuhan masyarakat Indonesia. Proses pengolahan minyak bumi menjadi produk dengan nilai ekonomi tinggi merupakan tujuan utama dari perusahaan-perusahaan yang bergerak di bidang eksplorasi sampai dengan industri petrokimia hilir. Pengelolaan sumber daya ini diatur oleh negara untuk kemakmuran rakyat dalam UUD 1945 pasal 33 ayat 3. Hal ini bertujuan untuk menghindari praktek monopoli dan eksploitasi kekayaan alam yang berujung pada kesengsaraan rakyat Indonesia.

Usaha pengeboran minyak di Indonesia pertama kali dilakukan oleh Jan Raerink pada tahun 1871 di Cibodas, Majalengka (Jawa Barat), namun usaha tersebut mengalami kegagalan. Kemudian dilanjutkan oleh Aeilo Jan Zykler yang melakukan pengeboran di Telaga Tiga (Sumatera Utara) dan pada tanggal 15 Juni 1885 ditemukan sumber minyak komersial yang pertama di Indonesia. Sejak itu berturut-turut ditemukan sumber minyak bumi di Kruka (Jawa Timur) pada tahun 1887, Cepu (Jawa Tengah) pada tahun 1901, Pamusian di Tarakan tahun 1905 dan Talang Akar di Pendopo (Sumatera Selatan) pada tahun 1921. Berdirinya kilang-kilang pengolahan minyak di Indonesia seperti kilang minyak di Wonokromo (1890), Pangkalan Brandan (1891), Cepu (1894), Plaju (1904), dan Sungai Gerong (1920). Berdirinya kilang-kilang tersebut mendorong keinginan perusahaan

perusahaan asing seperti *Royal Dutch Company*, *Shell* (Belanda), *Stanvac* (USA), *Caltex* dan perusahaan-perusahaan lainnya untuk turut serta dalam usaha pengeboran minyak di Indonesia.

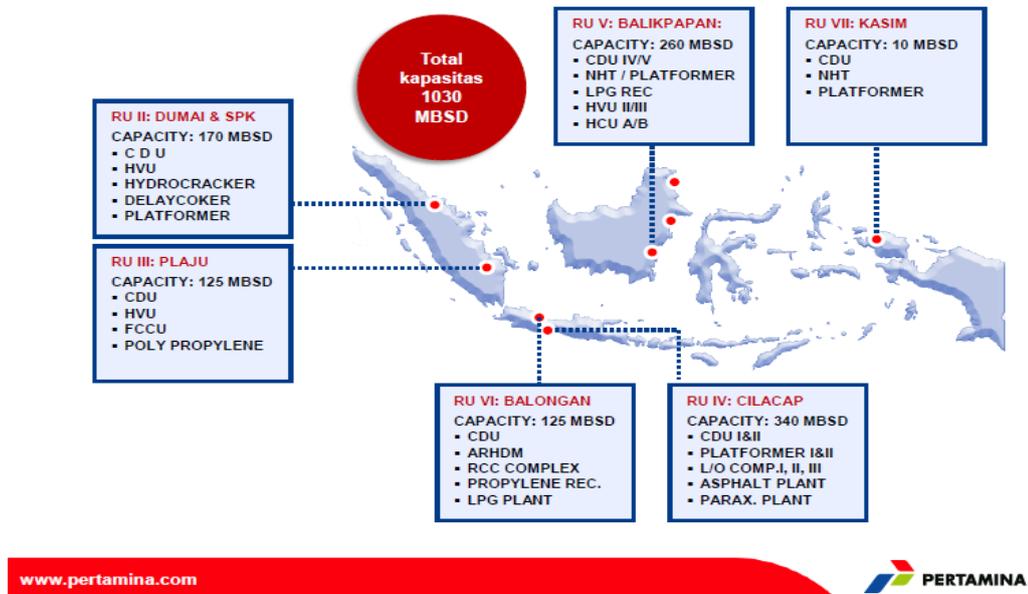
Setelah kemerdekaan Indonesia, terjadi beberapa perubahan pengelolaan perusahaan minyak di Indonesia. Pada tanggal 10 Desember 1957, beberapa perusahaan pengelola minyak di Indonesia dilebur menjadi PT Perusahaan Minyak Nasional (PT PERMINA). Kemudian dengan PP No. 198/1961 PT PERMINA dilebur menjadi PN PERMINA. Pada tanggal 20 Agustus 1968 berdasarkan PP No. 27/1968, PN PERMINA dan PN PERTAMIN dijadikan satu perusahaan yang bernama Perusahaan Pertambangan Minyak dan Gas Bumi Negara (PN PERTAMINA). Kemudian sebagai landasan kerja baru, lahirlah UU No. 8/1971 pada tanggal 15 September 1971. Sejak itu, nama PN PERTAMINA diubah menjadi PT PERTAMINA, dan dengan PP No. 31/2003 PT PERTAMINA menjadi Perusahaan Terbatas dengan bentuk Persero, yang merupakan satu-satunya perusahaan minyak nasional yang berwenang mengelola semua bentuk kegiatan industri perminyakan di Indonesia (Pertamina, 2012).

Dalam rangka pemenuhan kebutuhan bahan bakar minyak (BBM), PT Pertamina (Persero) memiliki tujuh *Refinery Unit* (RU) namun saat ini satu diantaranya tidak dapat beroperasi dikarenakan permasalahan pada pasokan umpan, yaitu PT Pertamina RU I Pangkalan Brandan yang hanya berkapasitas 5 MBSD dan berhenti beroperasi pada tahun 2007 (Pertamina, 2012). Daftar keenam RU yang masih beroperasi adalah sebagai berikut.

- *Refinery Unit* II di Dumai – Sei Pakning, Riau, yang berkapasitas 170 MBSD
- *Refinery Unit* III di Plaju, Sumatera Selatan, yang berkapasitas 118 MBSD
- *Refinery Unit* IV di Cilacap, Jawa Tengah, yang berkapasitas 348 MBSD
- *Refinery Unit* V di Balikpapan, Kalimantan Timur, yang berkapasitas 260 MBSD
- *Refinery Unit* VI di Balongan, Jawa Barat, yang berkapasitas 125 MBSD

- *Refinery Unit VII* di Kasim Sorong, Papua, yang berkapasitas 10 MBSD

KILANG DIREKTORAT PENGOLAHAN PERTAMINA TERSEBAR DI KEPULAUAN INDONESIA



Gambar 2. 1 Lokasi *Refinery Unit* PT Pertamina (Persero)

Selain *refinery unit*, PT Pertamina (Persero) juga memiliki beberapa terminal transit BBM yang tersebar di Indonesia serta berfungsi untuk menyimpan dan menyalurkan BBM ke daerah-daerah lainnya.

2.2 Distribusi Jalur Laut

Transportasi didefinisikan sebagai pergerakan produk dari suatu lokasi ke lokasi lainnya yang merupakan permulaan rantai pasok sampai ke konsumen akhir (Chopra & Meindl, 2007). Transportasi dibagi menjadi 3 berdasarkan media perpindahannya yaitu transportasi darat, transportasi laut dan transportasi udara. Transportasi darat adalah pergerakan suatu produk atau barang dari suatu lokasi ke lokasi lainnya melalui jalur darat seperti jalan raya, jalan tol (*highway*) dan rel (*railway*). Transportasi laut merupakan pergerakan suatu barang atau produk dari suatu lokasi ke lokasi lainnya melalui jalur laut baik perairan samudra maupun perairan darat (*inland*). Sedangkan transportasi udara merupakan pergerakan suatu

barang atau produk dari suatu lokasi ke lokasi lainnya melalui jalur udara baik rute domestik maupun internasional. Setiap moda transportasi memiliki karakteristik yang berbeda-beda (Pujawan & Mahendrawati, 2010). Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan karakteristik dari masing-masing moda transportasi.

Tabel 2. 1 Karakteristik Beberapa Moda Transportasi

Karakteristik	Moda Transportasi				
	Paket	Truk	Kereta	Kapal	Pesawat
Volume Pengiriman	Sedikit	Sedang	Sangat Banyak	Sangat Banyak	Banyak
Fleksibilitas Waktu	Tinggi	Tinggi	Rendah	Rendah	Rendah
Fleksibilitas Rute	Sangat Tinggi	Tinggi	Sangat Rendah	Sangat Rendah	Sangat Rendah
Kecepatan	Sangat Tinggi	Sedang	Sedang	Rendah	Tinggi
Biaya	Sangat Tinggi	Sedang	Rendah	Rendah	Tinggi
Inventory (Intransit)	Sangat Rendah	Sedikit	Banyak	Sangat Banyak	Rendah

Sumber : (Pujawan & Mahendrawati, 2010)

Berdasarkan Tabel 2.1 terlihat kelebihan dan kekurangan masing-masing moda transportasi jika diukur dengan suatu karakteristik tertentu. Transportasi jalur laut merupakan saluran utama perdagangan secara internasional dan menurut Ballou (1998) merupakan moda transportasi yang paling murah jika dibandingkan dengan moda transportasi lainnya.

Tabel 2. 2 Perbandingan Biaya Transportasi antar Moda

No	Moda Transportasi	Biaya (USD/Ton-Mile)
1	Transportasi Udara	\$ 58.75

Tabel 2. 3 Perbandingan Biaya Transportasi antar Moda (Lanjutan)

No	Moda Transportasi	Biaya (USD/Ton-Mile)
2	Truk	\$ 25,08
3	Kereta	\$ 2.5
4	Jaringan Pipa	\$ 1.4
5	Transportasi Laut	\$ 0.73

Sumber : (Ballou, 1998)

Transportasi laut atau yang sering disebut dengan maritim logistik memiliki tujuan meminimalkan biaya, konsumsi bahan bakar, dan emisi (Gudehus & Kotzab, 2009). Keputusan-keputusan yang terkait dengan maritim logistik pada umumnya terkait dengan desain rute atau jaringan dan perencanaan kebutuhan kapal. Desain rute atau jaringan umumnya meliputi pemilihan rute untuk kapal besar dan kecil, pemilihan pelabuhan untuk sandar serta pemilihan lokasi *transshipment*. Sedangkan kegiatan-kegiatan yang terkait dengan perencanaan kebutuhan kapal meliputi penentuan jumlah kapal, kriteria kapal, kapasitas kapal, kecepatan kapal dan teknologi bongkar muat pada kapal.

Pada konsep maritim logistik, terdapat faktor-faktor yang saling mempengaruhi satu dengan yang lainnya. Faktor-faktor ini harus diperhatikan dengan cermat dan seksama karena berkaitan dengan distribusi barang dengan transportasi laut. Menurut Hwang (2005) dalam bukunya, faktor-faktor tersebut adalah sebagai berikut.

Tabel 2. 4 Faktor-faktor dalam Transportasi Laut

Faktor Utama	Komponen
Pelabuhan	Kedalaman pelabuhan
	Fasilitas <i>loading unloading</i> muatan kapal
	Waktu <i>loading unloading</i> setiap muatan
	Jumlah pelabuhan
	Jarak antar pelabuhan
Kapal	Kompartemen

	Kapasitas
--	-----------

Tabel 2. 5 Faktor-faktor dalam Transportasi Laut (Lanjutan)

Faktor Utama	Komponen
	Kecepatan kapal
	Tipe kapal
	Konsumsi bahan bakar
	Keterbatasan pelabuhan menerima kapal
Kargo	Jumlah muatan
	Jenis muatan
	<i>Loading port</i> untuk setiap jenis muatan
	<i>Delivery port</i> untuk setiap jenis muatan
	Waktu <i>loading & delivery</i>
Biaya	Biaya sewa kapal
	Biaya operasional kapal
	Biaya perjalanan kapal
	Biaya <i>Maintenance</i> kapal
	Biaya penanganan kargo
	Biaya pelabuhan
	Biaya pencucian kompartemen

Sumber : (Hwang, 2005)

2.3 Skema Penyewaan Kapal

Dalam usaha perkapalan, terdapat empat jenis kontrak yang biasa digunakan dimana setiap jenis kontrak memiliki kelebihan, kekurangan, dan karakteristik yang berbeda. Maka dari itu diperlukan analisa dan penyesuaian jenis kontrak yang digunakan oleh perusahaan agar menjadi keuntungan bagi semua pihak yang terlibat di dalamnya. Menurut Cooke, et al. (2014) bahwa secara umum, terdapat empat jenis skema dalam penyewaan kapal yaitu:

- *Bareboat Charter*

Skema penyewaan *bareboat charter* atau *demise charter* adalah skema dimana dalam suatu penyewaan kapal, pada perjanjiannya tidak melibatkan biaya administrasi dan biaya *maintenance* kapal di dalamnya. Pada skema

penyewaan ini, penyewa kapal merupakan pemilik kapal untuk sementara waktu dalam segala hal (kecuali terhadap pemilik kapalnya). Nahkoda dan awak kapal biasanya berasal dari pihak penyewa. Indikasi penting dalam menentukan apakah suatu skema penyewaan kapal merupakan *bareboat charter / demise charter* adalah apakah nahkoda (*master*) merupakan karyawan pemilik kapal atau penyewa kapal. Selain itu perlu dilakukan penafsiran mendalam terkait dengan ketentuan-ketentuan yang ada pada perjanjian penyewaan kapal.

- *Liner Charter*

Pada skema penyewaan kapal dengan *liner charter*, perjanjian sewa dan menyewa kapal dilakukan berdasarkan rute, tujuan dan arah mata angin. Skema penyewaan ini memperhatikan barang atau komoditas yang akan diangkut dalam kapal sehingga semua biaya dihitung per kontainer yang akan diangkut. Seluruh biaya kapal seperti *operational cost*, *voyage cost* dan *capital cost* merupakan tanggung jawab dari pemilik kapal dalam skema penyewaan ini.

- *Time Charter*

Skema penyewaan *time charter* adalah skema penyewaan kapal dimana nahkoda dan awak kapal akan menjalankan tugasnya dalam jangka waktu tertentu. Penyewa kapal tetap mengatur kondisi kapal, namun penyewa yang menentukan titik tujuan dan rute yang akan dilewati oleh kapal sewaan (Mark, 2001). Pihak pemilik kapal berhak untuk mempertahankan hak atas kapal serta nahkoda dan awak kapal merupakan orang-orang yang dipekerjakan oleh pemilik kapal. Sedangkan penyewa kapal berhak untuk menentukan bagaimana kapal tersebut akan digunakan selama dalam batas-batas yang ditentukan dalam perjanjian penyewaan kapal *time charter*. Dalam skema *time charter*, risiko keterlambatan yang terjadi menjadi milik pihak penyewa. Sewa kapal umumnya mengatur beberapa kejadian tertentu terkait kerusakan mesin kapal, kekurangan awak kapal dan lain-lain yang bukan merupakan tanggung jawab pihak penyewa.

- *Voyage Charter*

Skema *voyage charter* atau *contract of affreightment (CoA)* merupakan skema penyewaan kapal dengan untuk mengangkut barang-barang tertentu dalam suatu perjalanan (*voyage*) yang sudah ditentukan atau dalam serangkaian

perjalanan. Sistem pembayaran pada skema ini adalah penyewa membayar kepada pemilik kapal untuk setiap satuan kargo yang dibawa. Apabila perjalanan memakan waktu lebih dari *laytime* yang telah disepakati bersama oleh kedua belah pihak, maka penyewa harus membayar biaya *demurrage* atau biaya kelebihan waktu berlabuh. Namun, hal sebaliknya apabila penyewa telah menyelesaikan perjalanan sebelum tenggang *laytime*, maka pemilik membayar *dispatch* kepada penyewa (Cooke & Young, 2014). Pada skema ini, pemilik kapal tetap mempertahankan kepemilikan atas kapal dan mempekerjakan nahkoda dan awak kapal dan kapal akan disewa untuk melakukan beberapa pelayaran secara berturut-turut.

2.4 Ship Inventory Routing Problem

Ship inventory routing problem (sIRP) merupakan salah satu pengembangan konsep dari *inventory routing problem* (IRP) yang berfokus pada integrasi antara permasalahan *inventory management* dan *routing* (Siswanto, et al., 2011). Permasalahan *inventory routing problem* (IRP) berbeda halnya dengan permasalahan *vehicle routing problem* (VRP) yang mana sejumlah kendaraan ditugaskan untuk memenuhi order permintaan dari konsumen, pada IRP tidak terdapat order langsung dari konsumen. IRP membahas mengenai perusahaan yang melakukan penugasan pada sejumlah kendaraan untuk menjaga *stock level* dari setiap komoditas produk atau barang dengan meminimasi total biaya untuk horizon perencanaan yang telah ditentukan.

Tujuan *ship inventory routing problem* (sIRP) adalah untuk mendapatkan biaya minimum serta *service level* yang baik terkait dengan penjadwalan rute kapal dan kegiatan *loading unloading* kapal. Problem *ship inventory routing problem* (sIRP) dapat dibagi menjadi empat *sub-problem* yaitu penugasan kapal, pemilihan rute kapal, prosedur *loading* dan *unloading* kapal (Siswanto, et al., 2011).

Dalam problem *inventory routing problem* (IRP), pendekatan yang dilakukan adalah dengan menggunakan konsep *coverage days* (*inventory days of supply*). *Inventory days of supply* merupakan lamanya rata-rata (dalam hari) suatu *inventory* dapat bertahan dengan jumlah yang dimiliki (Pujawan & Mahendrawati,

2010). Menurut Siswanto et al (2011) penentuan *coverage days* untuk masing-masing pelabuhan dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

- *Coverage days* depo tujuan (TBBM)

$$coverage\ days = \frac{(S_{imk} - S_{MNik})}{R_{ik}} \quad (2.1)$$

Dengan :

S_{imk} : Level stok produk k di pelabuhan i ketika pelayanan (i,m) dimulai

S_{MNik} : Minimum level stok produk k di pelabuhan i

R_{ik} : *rate* konsumsi di pelabuhan i terhadap produk k

- *Coverage days* supply point

$$coverage\ days = \frac{(S_{MXik} - S_{imk})}{R_{ik}} \quad (2.2)$$

Dengan :

S_{imk} : Level stok produk k di pelabuhan i ketika pelayanan (i,m) dimulai

S_{MXik} : Kapasitas maksimum stok produk k di pelabuhan i

R_{ik} : *Rate* produksi di pelabuhan i terhadap produk k

2.5 Studi Sistem dan Simulasi

Pada sub-bab studi sistem dan simulasi ini akan dipaparkan mengenai tahapan pemodelan sistem dan simulasi.

2.5.1 Sistem

Sistem adalah komponen-komponen yang tersusun secara sistematis yang mana setiap komponen berkontribusi terhadap perilaku dari sistem tersebut

sehingga apabila suatu komponen dihilangkan maka akan mempengaruhi perilaku sistem (Daellenbach & McNickle, 2005). Sehingga dapat dikatakan bahwa sistem merupakan sekumpulan komponen yang bekerja bersama untuk mencapai suatu tujuan tertentu. Sedangkan menurut Kelton et al. (2010) dalam bukunya, model adalah representasi sederhana dari suatu sistem baik secara kualitatif maupun kuantitatif yang mewakili suatu proses atau kejadian dimana dapat menggambarkan secara jelas hubungan interaksi antar berbagai faktor penting yang diamati.

2.5.2 *Elemen Sistem*

Elemen sistem merupakan komponen-komponen yang menyusun sebuah sistem (Harrel, et al., 2000). Menurut sudut pandang simulasi, elemen sistem dibagi menjadi empat yaitu:

- *Entity*

Entity atau entitas merupakan suatu obyek yang akan diproses dalam sebuah sistem. Pada umumnya, suatu entitas akan memiliki karakteristik khusus yang melekat padanya yang disebut atribut. Atribut ini berfungsi untuk membedakan suatu entitas dengan entitas lainnya.

- *Resources*

Resources merupakan merupakan elemen dalam suatu sistem yang mengolah entitas dan dapat berupa alat, manusia, fasilitas/ruang dalam sebuah sistem. *Resource* umumnya memiliki suatu batasan dalam menangani entitas dalam suatu aktivitas.

- *Activity*

Aktivitas merupakan sesuatu yang terjadi pada saat simulasi berlangsung dan memerlukan *resource* dan waktu. Pada umumnya, aktivitas tidak dapat ditentukan kejadiannya dan dapat mengubah atribut dan *variable* pada sistem.

- *Control*

Kontrol merupakan suatu batasan untuk mengendalikan sistem serta mengatur bagaimana, kapan dan dimana aktivitas sistem tersebut terjadi. Kontrol mengatur logika tentang bagaimana suatu sistem seharusnya berjalan.

Selain keempat elemen sistem dalam sudut pandang simulasi tersebut, terdapat pula tiga *variable* yang mempengaruhi model simulasi. Berikut ini adalah ketiga *variable* yang berpengaruh dalam suatu model simulasi.

Tabel 2. 6 Variabel-variabel yang Mempengaruhi Model Simulasi

<i>Decision Variable</i>	<i>Response Variable</i>	<i>State Variable</i>
Merupakan variabel yang independen yang diputuskan dalam sistem sehingga dapat menyebabkan perubahan status jika nilai variabel ini diganti	Merupakan variabel yang muncul akibat perlakuan dalam sistem. Variabel ini juga dapat dikatakan sebagai <i>output variable</i>	Merupakan status dari sebuah sistem pada waktu tertentu

2.5.3 Simulasi

Simulasi adalah suatu proses meniru kejadian di dunia nyata pada suatu waktu tertentu. Simulasi juga metode digunakan untuk meniru perilaku suatu sistem, kadang dilakukan menggunakan komputer dengan *software* yang sesuai (Kelton, et al., 2000). Sedangkan menurut Robinson (2004), simulasi ini digunakan karena beberapa alasan yaitu sifat alami dari suatu sistem seperti *complexity*, *interconnectedness* dan *variability*.

Kompleksitas dari sebuah sistem disebabkan oleh dua faktor yaitu interdependensi dan variabilitas. Interdependensi adalah adanya keterkaitan atau pengaruh antar beberapa variabel dalam sistem, sedangkan yang dimaksud dengan variabilitas yaitu beragamnya variabel-variabel pada sistem atau dapat dikatakan sebagai ketidakpastian dalam suatu sistem. Selain itu, keunggulan simulasi adalah dapat mempertimbangkan perilaku stokastik dari sistem, biaya yang dikeluarkan lebih hemat, waktu pengerjaan yang relatif singkat, tidak mengganggu sistem yang ada dan dapat melakukan kontrol dari kondisi penelitian.

Menurut Law & Kelton (2000) dalam bukunya, simulasi dapat dibedakan menjadi tiga berdasarkan karakteristiknya. Berikut ini adalah jenis simulasi berdasarkan karakteristiknya.

1. Simulasi Statis dan Dinamis

Simulasi statis dan dinamis dibedakan berdasarkan pengaruh terhadap waktu. Simulasi statis merupakan simulasi pada suatu sistem yang tidak memiliki pengaruh terhadap waktu. Sedangkan simulasi dinamis yaitu simulasi yang sistemnya memiliki pengaruh terhadap waktu. Aplikasi simulasi statis yaitu dengan menggunakan pembangkit bilangan random untuk menyelesaikan permasalahan seperti simulasi monte carlo, sedangkan dinamis yaitu simulasi mesin pabrik dimana terdapat batasan kapasitas mesin terhadap waktu.

2. Simulasi Kontinyu dan Diskrit

Simulasi kontinyu dan diskrit merupakan simulasi yang dibedakan berdasarkan perubahan tiap satuan waktu. Simulasi kontinyu adalah simulasi pada sistem yang memiliki variabel yang berubah secara terus-menerus dalam skala waktu tertentu contohnya adalah aliran gas dalam pipa, sedangkan simulasi diskrit adalah simulasi pada suatu sistem yang memiliki variabel yang dapat berubah-ubah pada titik waktu tertentu.

3. Simulasi Deterministik dan Stokastik

Simulasi deterministik dan stokastik adalah simulasi yang dibedakan berdasarkan sifat probabilistik. Model simulasi stokastik adalah simulasi yang memiliki variabel probabilistik dan memiliki sifat *random input random output* (RIRO) karena *input* dari simulasi ini yang random dan akan mengeluarkan *output* random yang merupakan perkiraan dari karakteristik sistem. Sedangkan simulasi deterministik adalah simulasi pada suatu sistem yang tidak memiliki variabel yang bersifat probabilistik sehingga *output* dari simulasi ini akan bersifat pasti atau tidak random.

2.5.4 Verifikasi dan Validasi

Verifikasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan model simulasi yang telah dibuat sesuai dengan logika model konseptual dan cara kerja proses yang sebenarnya (Daellenbach & McNickle, 2005). Verifikasi perlu dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat sesuai dengan alur logika dan cara kerja proses pada sistem yang sebenarnya. Verifikasi yang

dilakukan harus memastikan logika aliran simulasi sesuai dengan alur logis sistem yang ada dan tidak terdapat kesalahan logika sehingga model dapat dijalankan.

Sedangkan validasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat baik model konseptual maupun model simulasi sesuai dengan sistem nyata dan merupakan representasi sistem nyata (Strickland, 2014). Validasi dapat dilakukan dengan membandingkan performansi hasil simulasi dengan sistem nyata yaitu dengan cara melakukan uji statistik, seperti uji hipotesis rata-rata dua populasi dan *analysis of variance* (ANOVA) dengan hipotesis awal tidak terdapat perbedaan antara metrik performansi. Jika kesimpulan yang didapat adalah tidak terdapat perbedaan, maka model dapat dikatakan *valid* dan dapat merepresentasikan sistem nyata.

2.6 Uji Hipotesis dan ANOVA

Selain itu, bagian penting dalam melakukan simulasi adalah analisa hasil simulasi. Dalam melakukan simulasi, beberapa skenario sering dikembangkan kemudian harus diuji untuk menentukan faktor-faktor yang berpengaruh signifikan pada *output* simulasi. Jika hanya terdapat dua skenario, pengujian hipotesis dapat dilakukan untuk mengetahui perbedaan antar skenario. Pada pengujian hipotesis, *null hypothesis* dinotasikan dengan H_0 , sedangkan *alternative hypothesis* dinotasikan dengan H_1 . Persamaan uji hipotesis umumnya akan mengetahui perbedaan antar skenario pada level α tertentu dengan persamaan.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 \text{ atau ekuivalen dengan } H_0 : \mu_1 - \mu_2 = 0 \quad (2.3)$$

$$H_1 : \mu_1 \neq \mu_2 \text{ atau ekuivalen dengan } H_1 : \mu_1 - \mu_2 \neq 0 \quad (2.4)$$

Dalam pengembangan lebih lanjut, skenario akan berkembang sesuai dengan faktorial dari semua faktor yang ada, sehingga diperlukan *tools* atau metode untuk mengetahui perbedaan antar skenario. *Analysis of Variance* (ANOVA) merupakan metode yang harus dilakukan dalam menganalisa beberapa skenario (Montgomery, et al., 2011). ANOVA merupakan metode yang digunakan untuk menganalisa signifikansi perbedaan dari populasi yang ada. Hipotesis nol pada uji statistik ANOVA ini adalah bahwa semua populasi adalah sama. Ketika hipotesis ini diterima, hal ini menunjukkan bahwa nilai rata-rata dari variabel yang diuji tidak

berbeda secara signifikan. Metode ini akan digunakan dalam analisis faktor, yang ANOVA akan memeriksa apakah ada faktor atau kombinasi beberapa hasil faktor *output* yang berbeda secara signifikan. Sama dengan uji hipotesis, pada ANOVA *null hypothesis* dinotasikan dengan H_0 , sedangkan *alternative hypothesis* dinotasikan dengan H_1 dengan level α tertentu dan memiliki persamaan sebagai berikut.

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k \text{ untuk } K \text{ alternative system} \quad (2.5)$$

$$H_1 : \mu_i \neq \mu_j \text{ untuk minimal satu } i \neq j \quad (2.6)$$

Apabila keputusannya adalah menolak H_0 perlu dilakukan *least significance difference* (LSD) *test* untuk mengetahui skenario mana yang menghasilkan *output* yang berbeda secara signifikan. LSD *test* sendiri memiliki rumus sebagai berikut.

$$\text{LSD}(\alpha) = t_{(df(\text{error}), \alpha/2)} \sqrt{\frac{2(MSE)}{n}} \quad (2.7)$$

$$|\bar{x}_i - \bar{x}_j| > \text{LSD}(\alpha) \quad (2.8)$$

Apabila nilai dari rumus 2.8 benar maka dapat disimpulkan bahwa μ_i dan μ_j berbeda secara signifikan pada level α yang telah ditetapkan. Hal ini berarti terdapat perbedaan yang signifikan antara skenario i dan skenario j .

2.7 Perbandingan dengan Penelitian Sebelumnya

Pada penelitian ini, digunakan beberapa referensi pendukung penelitian mengenai distribusi jalur laut dengan menggunakan kapal untuk *multi-product*. Dalam beberapa referensi yang dijadikan acuan, terdapat masalah distribusi *multi-product* melalui jalur laut dengan kapal yang masih menggunakan pendekatan optimasi dengan tujuan utama meminimasi biaya atau memaksimalkan keuntungan obyek yang diteliti. Selain itu terdapat pula penyelesaian dengan pendekatan metode *heuristic*. Pada penelitian ini, referensi yang digunakan selain buku adalah beberapa jurnal dan penelitian-penelitian yang terkait. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan posisi penelitian terhadap penelitian sebelumnya.

Tabel 2. 7 Posisi Penelitian Terhadap Penelitian Sebelumnya

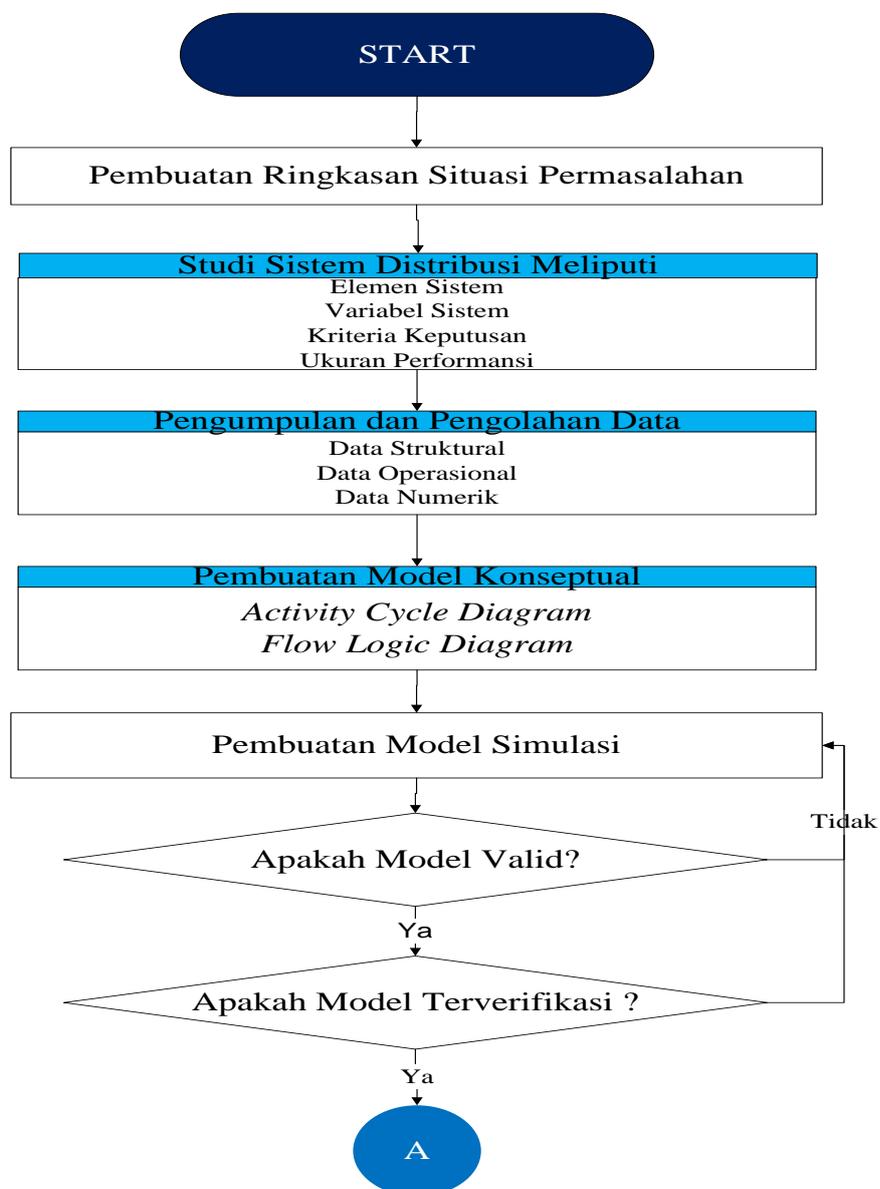
No	Judul	Kondisi				Tujuan		Metode	
		Depo Tujuan	Supply Point	Produk	Scope Jaringan Distribusi	Penentuan Produk	Kapasitas/ Jumlah Kapal	Simulasi	Optimasi
1	<i>Solving the ship inventory routing and scheduling problem with undedicated compartment</i> (Siswanto, et al., 2011).	2	1	Multi	sIRP-UC		v		v
2	Penentuan Jumlah Kapal <i>Multi-Undedicated-Compartment</i> dalam Perencanaan Distribusi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Simulasi pada PT Pertamina (Persero) MOR V Surabaya (Anggoro, 2015)	9	1	Multi	s-IRP-UC		v	v	
3	Pengembangan Model Simulasi Diskrit Penentuan Jumlah dan Kapasitas Kapal pada Kasus Multi Depot Multi Tujuan (Hatmojo, 2016)	6	2	Single	IRP		v	v	
4	Evaluasi Jumlah dan Kapasitas Kapal untuk Mendistribusikan Semen Curah dengan Mempertimbangkan Kegiatan Perawatan Kapal (Elisabeth, 2017)	4	3	Single	IRP		v	v	
5	Permodelan Simulasi Distribusi Jalur Laut PT Petrokimia dengan Mempertimbangkan <i>Supply and Transportation Disruption</i> (Kurniawati, 2017)	2	1	Single	IRP		v	v	
6	Permodelan Simulasi Diskrit dalam Distribusi Produk BBM pada Permasalahan Multi Depot Menuju Tujuan Tunggal (Radevito, 2017)	1	3	Multi	s-IRP	v	v	v	

(halaman ini sengaja dikosongkan)

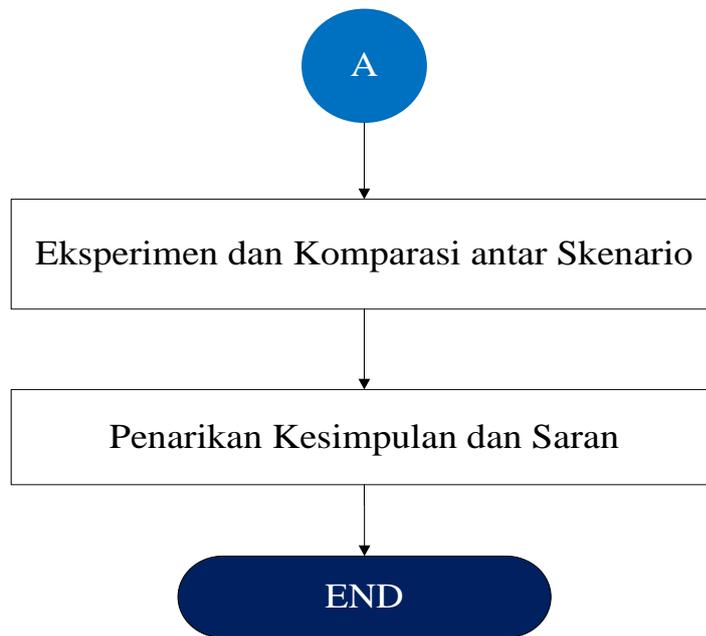
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ketiga ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah atau tahapan sistematis dalam pelaksanaan penelitian ini. Uraian langkah-langkah sistematis berupa *flowchart* yang akan dijadikan acuan sebagai kerangka penelitian akan dijelaskan pada Gambar 3.1 dan 3.2.



Gambar 3. 1 Flowchart Metodologi Penelitian



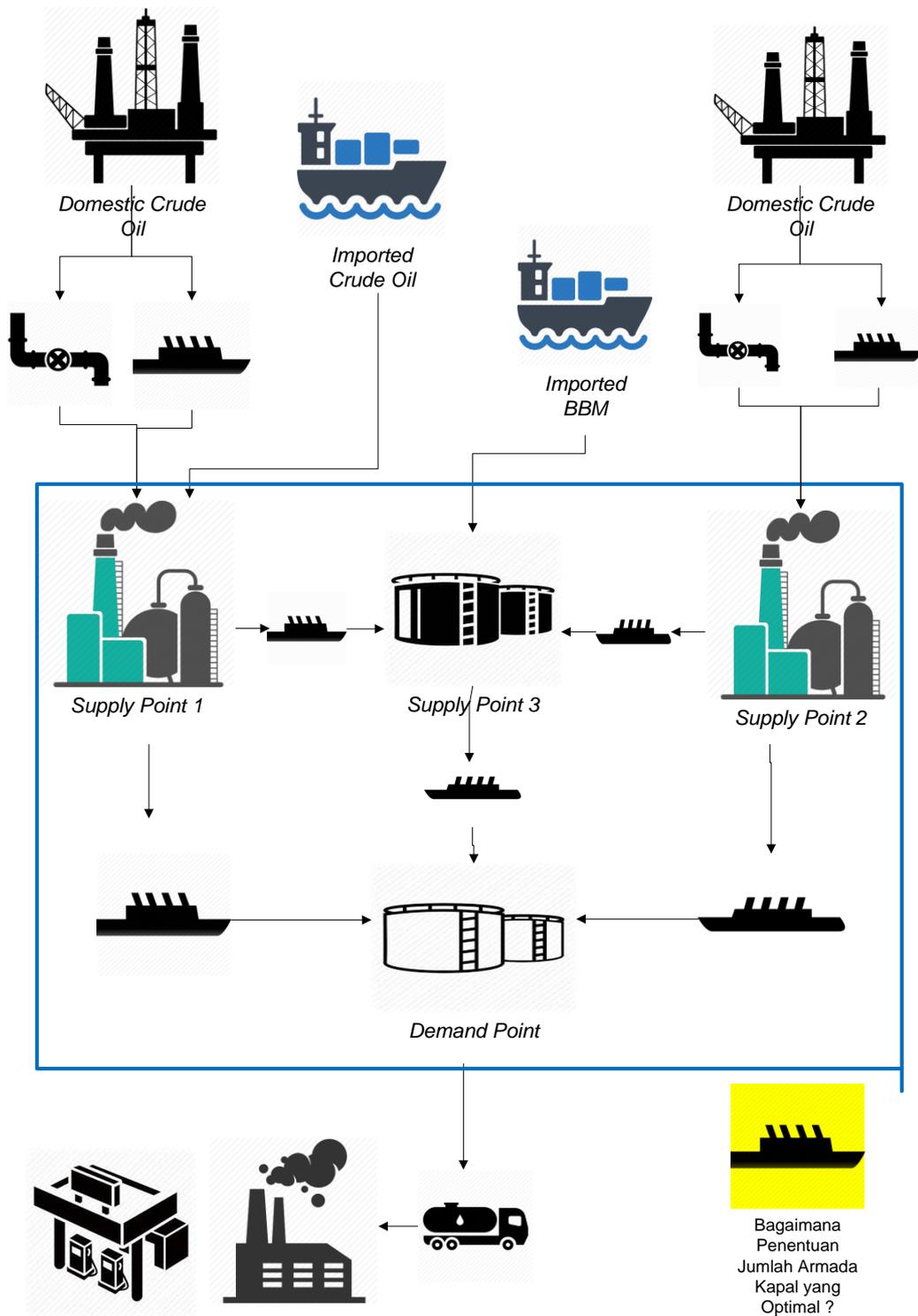
Gambar 3. 2 Flowchart Metodologi Penelitian (Lanjutan)

3.1 Studi Sistem Distribusi

Pada tahap ini akan dilakukan studi sistem distribusi BBM. Studi sistem distribusi meliputi ringkasan situasi permasalahan, deskripsi sistem, dan variabel sistem yang relevan.

3.1.1 Ringkasan Situasi Permasalahan

Pada tahap ini akan dijelaskan mengenai permasalahan yang terjadi. Tahap ini dilakukan untuk mempermudah untuk mendapatkan fokus pada tahap selanjutnya yaitu identifikasi permasalahan yang ada. Berikut ini adalah ringkasan situasi permasalahan yang ada.



Gambar 3. 3 Ringkasan Situasi Permasalahan

Dari ringkasan permasalahan yang telah dijelaskan, akan diidentifikasi elemen-elemen permasalahan. Terdapat enam elemen permasalahan yang meliputi pengambil keputusan, objektif atau tujuan yang ingin dicapai oleh pengambil keputusan, kriteria keputusan, ukuran performansi, alternatif keputusan atau skenario, dan konteks (Daellenbach & McNickle, 2005).

- **Objektif Pengambil Keputusan**

Objektif pengambil keputusan adalah menghindari *stockout* dan meminimasi level kritis yang terjadi serta meminimasi biaya distribusi BBM.

- **Kriteria Keputusan**

Kriteria keputusan dari pengambil keputusan adalah meminimasi total biaya distribusi yang meliputi biaya penyewaan kapal dan biaya operasional dari distribusi BBM serta meningkatkan *service level demand point* secara keseluruhan.

- **Ukuran Performansi**

Evaluasi skenario yang telah ditetapkan berdasarkan pada performansi sistem hasil simulasi. Ukuran performansi yang digunakan pada penelitian ini adalah *service level* dan total biaya distribusi yang meliputi *fixed cost* dan *operational cost*. *Fixed cost* dihitung berdasarkan biaya sewa kapal yang dibayarkan oleh perusahaan. Sedangkan *operational cost* dihitung berdasarkan biaya perjalanan kapal *tanker* yang merupakan biaya operasional yaitu biaya bahan bakar.

$$Total\ Biaya\ Distribusi = Biaya\ Sewa\ Kapal + Biaya\ Operasional \quad (3.1)$$

Pada penelitian ini, biaya penyimpanan tidak masuk dalam komponen penentuan ukuran performansi yang dilakukan. Hal ini dikarenakan perpindahan BBM antara *storage supply point* menuju *storage demand point* yang masih merupakan milik PT Pertamina (Persero). Sedangkan untuk *service level*, akan dihitung berdasarkan tingkat *coverage days* setiap jenis BBM tidak berada dibawah level kritis yaitu 3 hari.

$$CDD = \frac{Inventory_{ip} + (Inventory\ Intransit_{ip})}{Demand\ Rate_i} \quad \forall i, p \quad (3.2)$$

$$Service\ level\ BBM\ A = \left(1 - \frac{Jumlah\ Level\ kritis\ dalam\ 1\ tahun}{365} \right) \times 100\% \quad (3.3)$$

$$Service\ level = \frac{SL_A + SL_B + SL_C + SL_D}{4} \quad (3.4)$$

Frekuensi terjadinya level kritis dihitung berdasarkan jumlah level kritis yang terjadi dalam 1 tahun untuk setiap jenis BBM. Pemakaian level kritis sebagai indikator dalam penentuan *service level* sendiri merupakan *key performance indicator* (KPI) yang telah ditetapkan oleh perusahaan dalam operasionalnya. Perusahaan sangat menghindari terjadinya *shortage* dan ingin meminimasi terjadinya level kritis BBM dalam operasionalnya.

- Alternatif Keputusan

Alternatif keputusan pada permasalahan ini adalah jumlah kapal dan kapasitas kapal *tanker* serta jumlah dan jenis BBM yang dikirim perusahaan. Pada tahap ini digunakan pendekatan simulasi dalam penentuan skenario dasar dalam mencari jumlah dan kapasitas kapal serta jumlah dan jenis BBM yang akan dikirimkan.

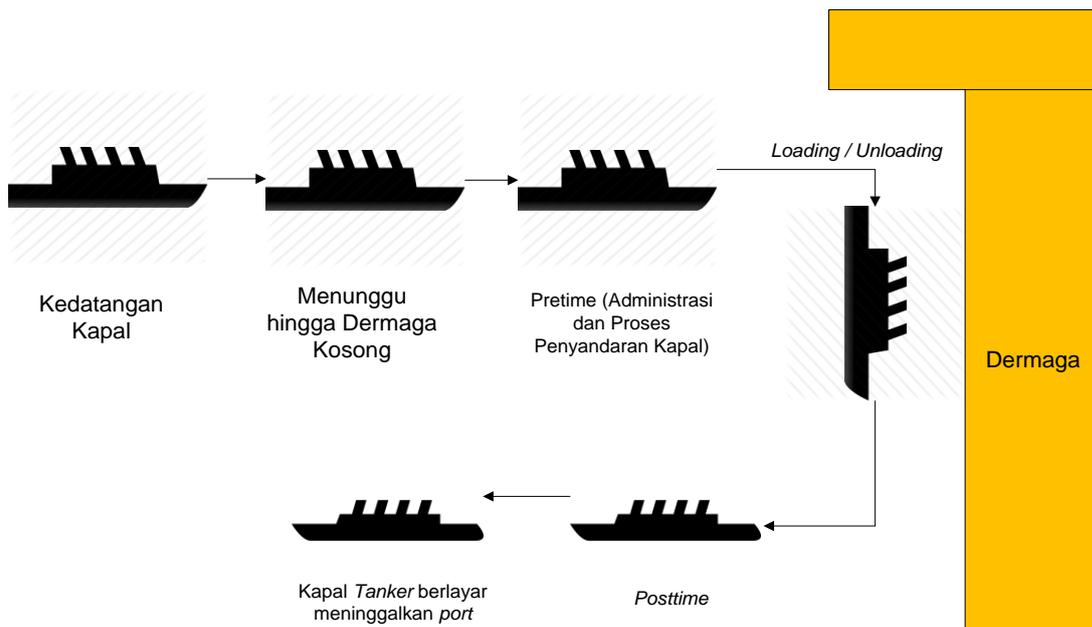
- Konteks

Konteks pada permasalahan ini adalah *demand rate* atau permintaan setiap jenis BBM pada depo tujuan.

3.1.2 Elemen Sistem

Elemen-elemen system menurut sudut pandang simulasi terdiri atas empat elemen yaitu entitas, aktivitas, *resource* dan *control* (Harrel, et al., 2000).

1. Entitas yang akan digunakan dalam sistem distribusi BBM melalui jalur laut ini adalah bahan bakar minyak (BBM) yang akan dikirimkan secara *batch* melalui kapal. Namun apabila memodelkannya dengan menggunakan kapal sebagai entitas maka perjalanan kapal akan terlihat lebih nyata.
2. Aktivitas yang akan diamati pada sistem adalah segala aktivitas yang dilakukan dari kedatangan kapal di *supply point* hingga kapal menyelesaikan kegiatan *unloading* pada depo tujuan. Aktivitas-aktivitas ini meliputi kedatangan kapal, *pretime* di dermaga, proses *loading-unloading* kapal, *posttime* dermaga hingga kapal meninggalkan dermaga.



Gambar 3. 4 Aktivitas dalam Distribusi BBM Jalur Laut

3. *Resources* yang digunakan dalam sistem ini adalah kapal yang digunakan untuk mengangkut BBM. Kapal memiliki kapasitas kapal, kecepatan kapal, kompartemen, pola konsumsi bahan bakar dan kecepatan *loading unloading* yang berbeda-beda untuk setiap kapal yang ada. Selain itu terdapat dermaga baik pada terminal *demand* maupun terminal *supply point* yang ada pada sistem
4. Kontrol pada sistem distribusi BBM jalur laut ini adalah peraturan pengiriman yang dilakukan oleh kapal, pengaturan *loading* jenis BBM ke kapal, pengaturan jenis BBM dan kompartemen kapal yang digunakan dan peraturan *time windows* kapal dapat masuk dalam dermaga. Peraturan penugasan kapal dibagi menjadi 2 yaitu berlayar ke satu *supply point* untuk mengambil BBM dan kembali ke depo tujuan untuk *unloading* BBM dan tetap pada rute itu atau berlayar ke *supply point* yang tersedia untuk mengambil BBM berdasarkan *demand* dan kembali ke depo tujuan untuk *unloading* BBM.

3.1.3 Variable Sistem

Dalam simulasi, variabel sistem terdiri dari variabel keputusan, variabel respon dan variabel status. Pada sistem distribusi BBM melalui jalur laut ini, variabel keputusannya adalah jumlah kapal *tanker* yang akan digunakan dan kapasitas kompartemen yang ada pada kapal *tanker*. Sedangkan variabel respon yang digunakan dalam permasalahan ini adalah tingkat *inventory* BBM di pelabuhan tujuan dan *service level* dari perusahaan. Variabel status dari sistem distribusi BBM melalui jalur laut ini adalah status dari kapal *tanker* yang digunakan apakah kapal tersebut *busy* atau *idle*. Berikut ini adalah tabel yang akan menjelaskan variabel sistem yang ada pada sistem distribusi BBM melalui jalur laut ini.

Tabel 3. 1 Variabel Sistem Distribusi BBM Jalur Laut

Variabel Keputusan	Variabel Respon	Variabel Status
Jumlah Kapal	Biaya Distribusi	Status Kapal (<i>Idle/Busy</i>)
Kapasitas Kompartemen	<i>Service Level</i>	Status Dermaga (<i>Idle/Busy</i>)
	<i>Inventory Level</i>	

3.2 Pengumpulan Data

Pengumpulan data dilakukan dengan tujuan untuk memperoleh data pada sistem eksisting sehingga dapat diperoleh gambaran dari sistem tersebut. Data yang dibutuhkan dibedakan menjadi tiga, yaitu data struktural, data operasional, dan data numerik. Data struktural adalah data yang dapat menampilkan struktur dari sistem. Pada sistem distribusi BBM melalui jalur laut ini, data struktural yang digunakan adalah data jenis BBM yang dikirimkan, lokasi *supply point* dan lokasi depo tujuan. Sedangkan untuk data operasional yang digunakan seperti data rute pengiriman. Kemudian untuk data numerik yang digunakan seperti data *demand*, *production rate / supply rate*. Berikut ini adalah tabel yang menunjukkan jenis-jenis data yang digunakan dalam penelitian ini.

Tabel 3. 2 Pengumpulan Data Distribusi BBM Jalur Laut

Data Struktural		
General	Depo Tujuan	Supply Point
Jalur Pengiriman	Lokasi Pelabuhan	Lokasi Pelabuhan
Jenis BBM	Jumlah Dermaga dan Fasilitas <i>unloading</i>	Jumlah Dermaga dan Fasilitas <i>loading</i>
Jenis Kapal	<i>Storage</i> untuk setiap jenis BBM	<i>Storage</i> untuk setiap jenis BBM
Jumlah kapal		
Data Operasional		
General	Depo Tujuan	Supply Point
Rute Pengiriman	Kemampuan <i>unloading</i>	Kemampuan <i>loading</i>
<i>Schedule</i>	<i>Time Windows</i>	<i>Time Windows</i>
Data Numerik		
General	Depo Tujuan	Supply Point
Kapasitas Kompartemen	<i>Daily of Take (DoT)</i>	<i>Production rate & Supply Rate</i>
Kecepatan Kapal	Kapasitas <i>Storage</i> per Jenis BBM	Kapasitas <i>Storage</i> per Jenis BBM
Konsumsi Bahan Bakar	<i>Unloading rate</i>	<i>Loading rate</i>

3.3 Pengolahan Data

Pada pengolahan data, akan diolah data-data yang sudah dikumpulkan pada tahap sebelumnya. Beberapa data yang diperoleh akan diolah dengan menggunakan bantuan *software input analyzer* yang bertujuan untuk melakukan *fitting distribution* sehingga dapat diketahui distribusi data yang digunakan. Data yang akan dilakukan *fitting distribution* antara lain adalah data *production rate* atau *supply rate* untuk masing-masing jenis BBM di setiap *supply point* yang ada, *daily of take* (DoT) untuk setiap jenis BBM di depo tujuan, waktu tiba kapal di pelabuhan *supply point* maupun depo tujuan, waktu sandar kapal di pelabuhan *supply point* maupun depo tujuan, waktu bongkar muatan kapal di pelabuhan *supply point*

maupun depo tujuan dan waktu berangkat kapal di pelabuhan *supply point* maupun depo tujuan.

3.4 Pembuatan Model Konseptual

Pada tahap ini dilakukan pembuatan model konseptual. Model konseptual adalah deskripsi spesifik model simulasi dalam bentuk *non-software* yang akan dikembangkan serta meliputi tujuan, *input*, *output*, konten, asumsi dan simplifikasi dari model (Robinson, 2014). Dalam tahapan simulasi, perlu dibuat model konseptual sistem eksisting sebelum dilakukan pembuatan model simulasi. Model konseptual akan ditampilkan adalah model konseptual sistem distribusi eksisting dalam bentuk *flow logic diagram* (FLD).

3.5 Pembuatan Model Simulasi

Setelah membuat model konseptual sistem, maka selanjutnya adalah membuat model simulasi dari sistem yang ada berdasarkan logika model konseptual dan kondisi sistem sebenarnya (*real world*). Kemudian data-data yang telah dikumpulkan dan diolah dimasukkan ke dalam *software* simulasi diskrit untuk mendapatkan hasil dari model simulasi yang dibuat oleh *software* simulasi diskrit. Setelah model simulasi dibuat, maka akan dilakukan proses verifikasi dan validasi. Kedua proses ini berfungsi agar model simulasi merepresentasikan sistem nyata yang ada di lapangan. Sistem distribusi BBM umumnya merupakan sistem yang berjalan secara terus-menerus, namun pada model simulasi ini dapat dikategorikan sebagai *terminating condition*. Sistem ini dapat dikategorikan *terminating condition* karena terdapat kondisi yang menyebabkan sistem berhenti dan pada sistem eksisting adalah durasi kontrak *time charter* kapal yang berdurasi satu tahun.

Pada tahap berikutnya akan dilakukan perhitungan replikasi untuk mengetahui replikasi yang dibutuhkan. Penentuan replikasi ini bertujuan agar hasil dari model simulasi dapat merepresentasikan populasi atau keadaan sebenarnya, hal ini dikarenakan sifat *random input random output* (RIRO) dari model simulasi. Untuk dapat mengetahui jumlah replikasi yang dibutuhkan, dapat dilakukan pendekatan dengan rumus *half-width*.

$$hw = e \quad (3.4)$$

$$\frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times std}{\sqrt{n}} = e \quad (3.5)$$

dengan pengertian dari masing-masing variabel adalah:

- α = tingkat *error*
- n = jumlah replikasi
- std = standar deviasi populasi
- t = nilai t berdasarkan tabel distribusi t

3.6 Verifikasi dan Validasi

Pada tahap verifikasi dan validasi akan dilakukan pengujian terhadap logika model simulasi berdasarkan model konseptual dan sistem nyata. Verifikasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan model simulasi yang telah dibuat sesuai dengan logika model konseptual dan cara kerja proses yang sebenarnya (Daellenbach & McNickle, 2005). Verifikasi pada model simulasi dengan *software* simulasi diskrit dapat dilakukan dengan menekan tombol F4 pada *software* simulasi diskrit untuk *debugging*, sedangkan untuk memastikan logika aliran simulasi dapat melihat animasi pada model dan melihat hasil *output* simulasi.

Sedangkan validasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat baik model konseptual maupun model simulasi sesuai dengan sistem nyata dan merupakan representasi sistem nyata (Strickland, 2014). Proses ini dapat dilakukan dengan membandingkan hasil model simulasi dengan sistem nyata. Jika tidak ada perbedaan antara hasil model simulasi dengan sistem nyata maka model simulasi dapat dikatakan *valid*, sedangkan jika terdapat perbedaan maka model simulasi dinyatakan belum *valid*. Pengujian validasi dapat dilakukan dengan menggunakan uji statistik.

3.7 Pembuatan Skenario

Pada tahap pembuatan skenario ini akan dilakukan pembuatan skenario-skenario yang akan diuji pada model simulasi. Hasil dari skenario-skenario tersebut akan dibandingkan untuk mengetahui skenario terbaik dari skenario yang diuji.

Skenario-skenario tersebut dihasilkan berdasarkan variabel keputusan yang telah ditentukan sebelumnya. Berikut ini skenario utama yang akan digunakan pada permasalahan yang ada.

- Skenario 1: Dilakukan perubahan jumlah kapal serta kemungkinan perubahan kapasitas kompartemen kapal berupa penambahan atau pengurangan kapasitas kompartemen dan jumlah kapal *tanker*.
- Skenario 2: Dilakukan penentuan skema penugasan kompartemen dan rute yang menjadi atribut kapal dari sebelumnya *dedicated* kemudian akan dicoba menjadi *undedicated*.

3.8 Eksperimen

Pada tahap eksperimen ini akan dilakukan eksperimen terhadap skenario-skenario yang akan diuji pada model simulasi. Eksperimen hanya dapat dilakukan apabila model simulasi telah dinyatakan terverifikasi dan *valid*, maka eksperimen skenario-skenario dapat dilakukan. Skenario yang diuji merupakan skenario dasar serta skenario kombinasi antara skenario dasar yang ada. Setiap skenario akan diuji pada model simulasi untuk mengetahui variabel respon dari setiap skenario yang diuji. Dari pengujian yang dilakukan pada setiap skenario, diharapkan biaya yang lebih rendah untuk setiap keputusan jumlah kapal dan kapasitas kapal namun tetap menjaga tingkat pelayanan (*service level*) perusahaan serta menghindari *shortage* yang mungkin terjadi pada setiap jenis BBM yang ada.

3.9 Analisis Skenario

Pada tahapan analisis skenario ini akan dilakukan analisis terhadap hasil eksperimen skenario yang telah dilakukan. Berdasarkan pengujian skenario yang dilakukan akan dilakukan uji statistik *analysis of variance* (ANOVA) untuk mengetahui adanya faktor atau kombinasi faktor signifikan yang mempengaruhi hasil model simulasi. Untuk mendapatkan kesimpulan pada perbandingan hasil skenario, maka dilakukan uji hipotesis ANOVA. Dalam penentuan skenario terbaik, akan dilakukan penentuan parameter yang paling berpengaruh dengan metode entropy dalam *multi criteria decision making* serta akan diketahui skenario

terpilih berdasarkan bobot setiap skenario yang akan dikalikan dengan bobot parameter dengan metode entropy. Hasil perkalian tersebut akan menentukan skenario mana yang paling baik pada permasalahan distribusi BBM ini. Apabila terdapat perbedaan antara hasil skenario-skenario, maka selanjutnya akan dilakukan uji sensitivitas untuk mengetahui faktor-faktor yang berpengaruh dan batasan-batasan kondisi yang dapat mengakibatkan perubahan pada *output*.

3.10 Penarikan Kesimpulan

Pada tahap penarikan kesimpulan ini akan diberikan kesimpulan dari penelitian yang menjawab tujuan penelitian. Pada kesimpulan ini nantinya akan dijelaskan mengenai penentuan jumlah dan kapasitas kapal yang sesuai serta prosedur yang tepat dalam sistem distribusi BBM ini. Selain itu akan diberikan saran-saran untuk rekomendasi penelitian-penelitian yang terkait berikutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data-data yang digunakan dalam penelitian tugas akhir ini serta akan dijelaskan mengenai pengolahan pada data-data tersebut. Pengolahan data akan menggunakan bantuan *software* simulasi diskrit dalam mengolah data-data yang telah dikumpulkan.

4.1 Pengumpulan Data

Pada sub-bab ini akan ditampilkan data-data yang akan digunakan data penelitian tugas akhir ini. Data-data yang digunakan terdiri dari data struktural, data operasional dan data numerik yang meliputi data kapal, data pelabuhan *supply*, data pelabuhan bongkar dan data *storage*.

4.1.1 Data Struktural

Data struktural merupakan jenis data yang menunjukkan struktur objek dari sistem yang diamati. Data struktural tersebut dibagi menjadi tiga berdasarkan jenis data yang dibutuhkan yaitu data kapal, data pelabuhan *supply*, serta data pelabuhan bongkar. Berikut ini adalah data struktural kapal yang digunakan dalam distribusi BBM.

Tabel 4. 1 Data Struktural Kapal

No	Nama Kapal	Jenis Kapal	Skema Penyewaan	Jenis BBM
1	Kapal P1	Kapal <i>Tanker</i>	<i>Time Charter</i>	Produk 2
2	Kapal P2	Kapal <i>Tanker</i>	<i>Time Charter</i>	Produk 2
3	Kapal P3	Kapal <i>Tanker</i>	<i>Time Charter</i>	Produk 2
4	Kapal BA	Kapal <i>Tanker</i>	<i>Time Charter</i>	Produk 3 & Produk 1
5	Kapal J	Kapal <i>Tanker</i>	<i>Time Charter</i>	Produk 4 & Produk 1
6	Kapal WK	Kapal <i>Tanker</i>	<i>Time Charter</i>	Produk 3 & Produk 1
7	Kapal S	Kapal <i>Tanker</i>	<i>Time Charter</i>	Produk 1

Selanjutnya akan dijelaskan mengenai data struktural pelabuhan bongkar yang menjadi tujuan pengiriman BBM. Berikut ini adalah data struktural pelabuhan bongkar atau *demand point*.

Tabel 4. 2 Data Struktural Pelabuhan Bongkar

No	Nama Pelabuhan	Jenis	Lokasi
1	Pelabuhan A	Pelabuhan Khusus (Milik Sendiri)	<i>Demand Point</i>

Selanjutnya akan dijelaskan mengenai data struktural pelabuhan *supply* yang menjadi pelabuhan asal pengiriman BBM. Berikut ini adalah data struktural pelabuhan *supply*.

Tabel 4. 3 Data Struktural Pelabuhan *Supply*

No	Nama Pelabuhan	Jenis	Lokasi
1	<i>Jetty 1</i>	Pelabuhan Khusus (Milik Sendiri)	<i>Supply Point 1</i>
2	<i>Jetty 3</i>	Pelabuhan Khusus (Milik Sendiri)	
3	<i>Jetty 1</i>	Pelabuhan Khusus (Milik Sendiri)	<i>Supply Point 2</i>
4	<i>Jetty 2</i>	Pelabuhan Khusus (Milik Sendiri)	
5	Pelabuhan A	Pelabuhan Khusus (Milik Sendiri)	<i>Supply Point 3</i>

4.1.2 *Data Operasional*

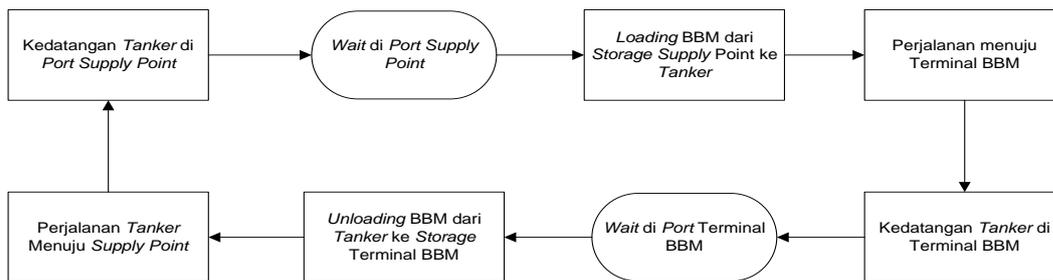
Data operasional merupakan data yang menunjukkan bagaimana cara sebuah sistem bekerja. Data operasional pada sistem ini juga dibagi berdasarkan jenis data yang dibutuhkan seperti data kapal, data pelabuhan *supply* dan data pelabuhan bongkar. Pada kondisi eksisting, data operasional kapal adalah data rute pengiriman kapal serta *schedule* pengiriman untuk setiap kapal yang ada. Berikut ini adalah data operasional untuk kapal.

Tabel 4. 4 Data Operasional Kapal

No	Nama Kapal	Jenis BBM	Rute Pengiriman
1	Kapal P1	Produk 2	<i>Demand Point – Supply Point 2</i>
2	Kapal P2	Produk 2	<i>Demand Point – Supply Point 2</i>
3	Kapal P3	Produk 2	<i>Demand Point – Supply Point 2</i>
4	Kapal BA	Produk 3 & Produk 1	<i>Demand Point – Supply Point 3</i>
5	Kapal J	Produk 4 & Produk 1	<i>Demand Point – Supply Point 3</i>
6	Kapal WK	Produk 3 & Produk 1	<i>Demand Point – Supply Point 3</i>
7	Kapal S	Produk 1	<i>Demand Point – Supply Point 1</i>

Pada penjadwalan pengiriman dengan kapal, kapal akan secara terus menerus mengirim dari salah satu *supply point* menuju pelabuhan bongkar atau *demand point*. Hal ini dilakukan mengingat skema penyewaan kapal yang dilakukan adalah skema *time charter* sehingga utilitas kapal harus dimaksimalkan agar perusahaan tidak mengalami kerugian akibat utilitas kapal yang sedikit. Ketika kapal *idle* pada pelabuhan bongkar, kapal akan berlayar menuju salah satu *supply point* berdasarkan nilai *coverage days* untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*. Jenis BBM dengan nilai *coverage days* yang berada dibawah level pengiriman yang ditetapkan menunjukkan bahwa *level inventory* untuk jenis BBM tersebut semakin rendah durasinya sehingga terjadi kemungkinan *stockout* semakin tinggi. Maka dari itu kapal harus berlayar menuju salah satu *supply point* berdasarkan jenis BBM yang paling kritis untuk *loading* BBM dan menyalurkan kembali menuju *demand point*.

Pada saat kapal sampai pada salah satu *supply point*, kapal akan mengalami proses *pretime* sebelum dilakukan proses *loading* BBM dan setelah itu kapal akan mengalami proses *posttime*. Proses ini merupakan proses yang sama dengan yang terjadi di pelabuhan bongkar atau *demand point*, namun pada saat kapal sampai di pelabuhan bongkar dilakukan pengecekan pada kapal untuk mengecek kondisi kapal yang datang dari salah satu *supply point*. Aktivitas kapal dalam sistem ini dapat digambarkan dengan *activity cycle diagram* (ACD) dan berikut ini adalah *activity cycle diagram* untuk kapal tanker.



Gambar 4. 1 Activity Cycle Diagram Kapal Tanker

Pada data operasional dari pelabuhan bongkar atau pelabuhan *demand point* memiliki sistem operasional *time windows* yang terdapat pada pelabuhan bongkar. Pelabuhan bongkar dapat melayani selama 24 jam dalam 7 hari jika terdapat *jetty* yang kosong dengan jumlah *jetty* yang tersedia yaitu 1 *jetty*. Karena hanya terdapat satu *jetty*, maka kemungkinan terjadinya kongesti atau kapal mengantri di pelabuhan sangat mungkin terjadi.

Sedangkan data operasional dari pelabuhan *supply* merupakan data yang berisi mengenai *time window* yang terdapat pada pelabuhan *supply*. Pada semua pelabuhan *supply* kapal dapat dilayani selama 24 jam dalam 7 hari jika *jetty* yang terdapat dalam pelabuhan dalam keadaan kosong sehingga kapal dapat bersandar. Pada beberapa pelabuhan *supply*, terdapat dua *jetty* yang dapat digunakan untuk kapal bersandar, namun terdapat pula pelabuhan *supply* yang hanya memiliki satu *jetty* saja.

4.1.3 Data Numerik

Data numerik merupakan data yang berisi informasi kuantitatif dari suatu sistem yang diamati. Pada penelitian ini, data numerik dibagi menjadi tiga tipe data yaitu data numerik kapal, data pelabuhan *supply*, serta data pelabuhan bongkar. Data numerik kapal yang digunakan adalah data kapasitas kompartemen kapal, kecepatan kapal, konsumsi bahan bakar kapal, harga sewa kapal dan kecepatan *unloading* pompa kapal. Berikut ini adalah data-data numerik yang ada pada kapal.

Tabel 4. 5 Data Numerik Kapal

No	Nama Kapal	Kapasitas Kompartemen		Kecepatan <i>Unloading</i>	Kecepatan <i>Loading</i>	Biaya Sewa (USD)
		1 (kL)	2 (kL)			
1	Kapal P1	1700	1700	360 <i>kl/hour</i>	400 <i>kl/hour</i>	USD 3500 / hari
2	Kapal P2	1700	1700	360 <i>kl/hour</i>	400 <i>kl/hour</i>	USD 3500 / hari
3	Kapal P3	1700	1700	360 <i>kl/hour</i>	400 <i>kl/hour</i>	USD 3500 / hari
4	Kapal BA	1400	1400	200 <i>kl/hour</i>	300 <i>kl/hour</i>	USD 1600 / hari
5	Kapal J	1700	1700	200 <i>kl/hour</i>	300 <i>kl/hour</i>	USD 2625 / hari
6	Kapal WK	1900	1900	200 <i>kl/hour</i>	300 <i>kl/hour</i>	USD 3000 / hari
7	Kapal S	1700	1700	200 <i>kl/hour</i>	300 <i>kl/hour</i>	USD 2950 / hari

Untuk mengetahui biaya total yang diperlukan oleh kapal, tentunya perlu mempertimbangkan data konsumsi bahan bakar kapal. Data konsumsi bahan bakar ini akan membantu menentukan jumlah bahan bakar yang diperlukan dalam perjalanan kapal. Pada setiap perjalanan kapal, tentunya membutuhkan konsumsi bahan bakar yang diperlukan. Berikut ini adalah data numerik konsumsi bahan bakar kapal.

Tabel 4. 6 Data Numerik Konsumsi Bahan Bakar Kapal

No	Nama Kapal	Jumlah Mesin	Konsumsi Mesin Utama (kL/Hari)	Konsumsi Mesin Bantu (kL/Hari)	Harga Bahan Bakar per Liter (Rp)
1	Kapal P1	1 Mesin utama + 2 Mesin Bantu	3.12	0.24	Rp 7500
2	Kapal P2	1 Mesin utama + 2 Mesin Bantu	3.12	0.24	Rp 7500
3	Kapal P3	1 Mesin utama + 2 Mesin Bantu	3.12	0.24	Rp 7500
4	Kapal BA	1 Mesin utama + 2 Mesin Bantu	4.3	0.5	Rp 8000
5	Kapal J	1 Mesin utama	3.9	0	Rp 7300
6	Kapal WK	1 Mesin utama	3.62	0	Rp 8000
7	Kapal S	1 Mesin utama + 2 Mesin Bantu	3.12	0.24	Rp 7300

Untuk mendapatkan kecepatan kapal, maka harus digunakan data historis lama waktu kapal melakukan pelayaran dari pelabuhan bongkar menuju pelabuhan *supply* untuk setiap rute perjalanan. Selain itu, perlu diberikan data jarak antar pelabuhan bongkar dan *supply* untuk menentukan kecepatan kapal di suatu rute perjalanan.

Tabel 4. 7 Jarak Antar Pelabuhan

No	Rute Pengiriman	Jarak (mil laut)
1	<i>Demand Point – Supply Point 1</i>	107.32
2	<i>Demand Point – Supply Point 2</i>	53.28
3	<i>Demand Point – Supply Point 3</i>	229.68

Selain itu, diperlukan data kapasitas *storage* untuk setiap pelabuhan yang ada. Data kapasitas *storage* ini berfungsi untuk melihat kondisi stok BBM di setiap pelabuhan dan menentukan *coverage days* pelabuhan bongkar dan di setiap pelabuhan *supply* yang ada.

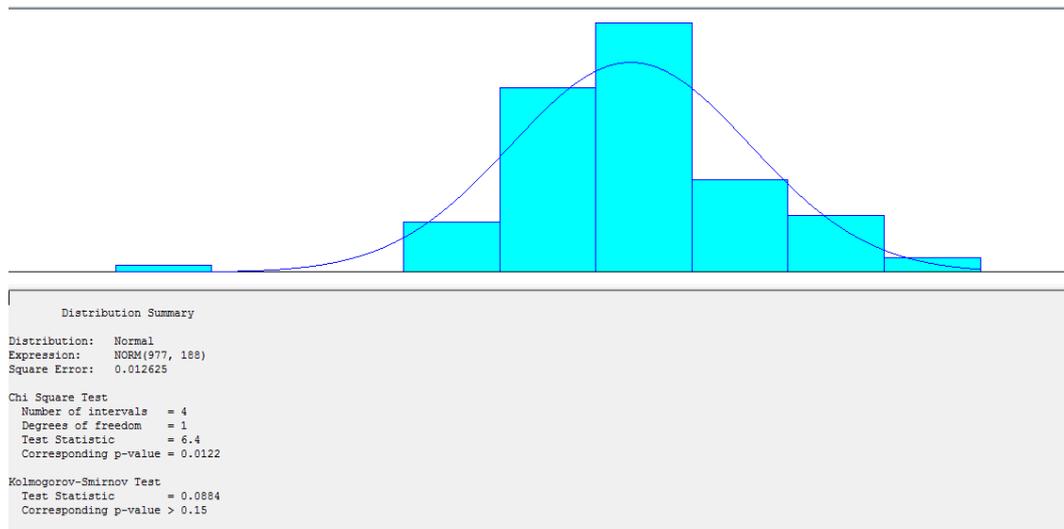
Tabel 4. 8 Data Numerik Kapasitas *Storage* setiap Pelabuhan

No	Pelabuhan	Jenis BBM	Kapasitas (kL)
1	<i>Demand Point</i>	Produk 1	83246 K1
		Produk 2	161481 K1
		Produk 3	11602 K1
		Produk 4	49952 K1
2	<i>Supply Point 3</i>	Produk 1	130098 K1
		Produk 2	122119 K1
		Produk 3	15088 K1
		Produk 4	29595 K1
3	<i>Supply Point 1</i>	Produk 1	160073 kL
		Produk 2	269780 K1
4	<i>Supply Point 2</i>	Produk 1	95748 K1
		Produk 2	185762 K1

Kemudian data-data tersebut akan diolah pada *subbab* pengolahan data untuk ditentukan distribusi datanya melalui proses *fitting distribution* dengan *software* simulasi diskrit.

4.2 Pengolahan Data

Pada subbab ini, data-data numerik yang telah diperoleh akan diolah dengan bantuan *software* simulasi diskrit yang ada. Proses pengolahan data dilakukan dengan melakukan *fitting distribution* pada data-data numerik. Proses *fitting distribution* berfungsi untuk mengetahui distribusi apakah yang sesuai pada data-data numerik tersebut. Distribusi inilah yang akan menjadi *input* bagi *software* simulasi diskrit. Berikut ini merupakan salah satu contoh hasil *fitting distribution* pada data *demand* produk 1 di *demand point*.



Gambar 4. 2 Hasil *Fitting Distribution Demand* Produk Produk 1

Berdasarkan gambar diatas maka dapat diketahui bahwa *demand* untuk produk premium di *demand point* pada bulan September adalah berdistribusi normal dengan rata-rata 977 kL dan standard deviasi sebesar 188 kL. Proses *fitting distribution* ini juga akan dilakukan pada setiap aktivitas kapal yang ada pada sistem yang diamati. Berikut ini adalah tabel rekap distribusi hasil *fitting distribution* data BBM, data durasi di pelabuhan dan data kapal.

Tabel 4. 9 Rekap Pengolahan Data BBM, *Supply Point & Demand* Tujuan

Parameter	Distribusi	Hasil
<i>Demand Rate</i> Produk 1	Normal	NORM (977, 188)
<i>Demand Rate</i> Produk 2	Normal	NORM (1270, 254)
<i>Demand Rate</i> Produk 3	Normal	NORM (165, 68.7)
<i>Demand Rate</i> Produk 4	Normal	NORM (606, 147)
<i>Production Rate</i> Produk 1 <i>Supply Point 1</i>	Normal	NORM (376, 58)
<i>Production Rate</i> Produk 1 <i>Supply Point 2</i>	Normal	NORM (326, 63)
<i>Production Rate</i> Produk 1 <i>Supply Point 3</i>	Normal	NORM (768, 76)
<i>Production Rate</i> Produk 2 <i>Supply Point 1</i>	Normal	NORM (424,85)
<i>Production Rate</i> Produk 2 <i>Supply Point 2</i>	Normal	NORM (1219, 62)
<i>Production Rate</i> Produk 2 <i>Supply Point 3</i>	Normal	NORM (389, 64)
<i>Production Rate</i> Produk 3 <i>Supply Point 3</i>	Triangular	TRIA (105, 165, 236)
<i>Production Rate</i> Produk 4 <i>Supply Point 3</i>	Triangular	TRIA (270, 660, 900)

Tabel 4. 10 Rekap Pengolahan Data Durasi Pelabuhan *Supply Point & Demand Tujuan*

Parameter	Distribusi	Hasil
<i>Durasi Pretime Demand Point</i>	Triangular	TRIA (2,3,5)
<i>Durasi Pretime Supply Point 1</i>	Exponensial	EXPO (1.74)
<i>Durasi Pretime Supply Point 2</i>	Exponensial	EXPO (1.74)
<i>Durasi Pretime Supply Point 3</i>	Exponensial	EXPO (3.43)
<i>Durasi Posttime Demand Point</i>	Triangular	TRIA (1.5, 2, 3.5)
<i>Durasi Posttime Supply Point 1</i>	Constant	2
<i>Durasi Posttime Supply Point 2</i>	Constant	2
<i>Durasi Posttime Supply Point 3</i>	Constant	2

Tabel 4. 11 Rekap Pengolahan Data Kapal

Parameter	Distribusi	Hasil
Kecepatan Kapal P	<i>Constant</i>	6 mil/hour
Kecepatan Kapal BA	<i>Constant</i>	6 mil/hour
Kecepatan Kapal J	<i>Constant</i>	7 mil/hour
Kecepatan Kapal WK	<i>Constant</i>	8 mil/hour
Kecepatan Kapal S	<i>Constant</i>	6 mil/hour

Distribusi yang dipilih pada setiap tabel tersebut menyesuaikan dengan distribusi alaminya serta distribusi yang memiliki *square error* terkecil. Pada data *production rate* setiap *supply point*, *production rate* yang dihasilkan oleh setiap *supply point* merupakan selisih antara *production rate* sebenarnya dikurangi dengan *demand rate* setiap tujuan kecuali terminal BBM. Rekap ini selanjutnya akan menjadi *input* bagi model simulasi yang akan dibuat sehingga diharapkan *output* yang dihasilkan oleh model simulasi yang dibuat dapat merepresentasikan sistem distribusi eksisting.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 5

PERANCANGAN MODEL SIMULASI

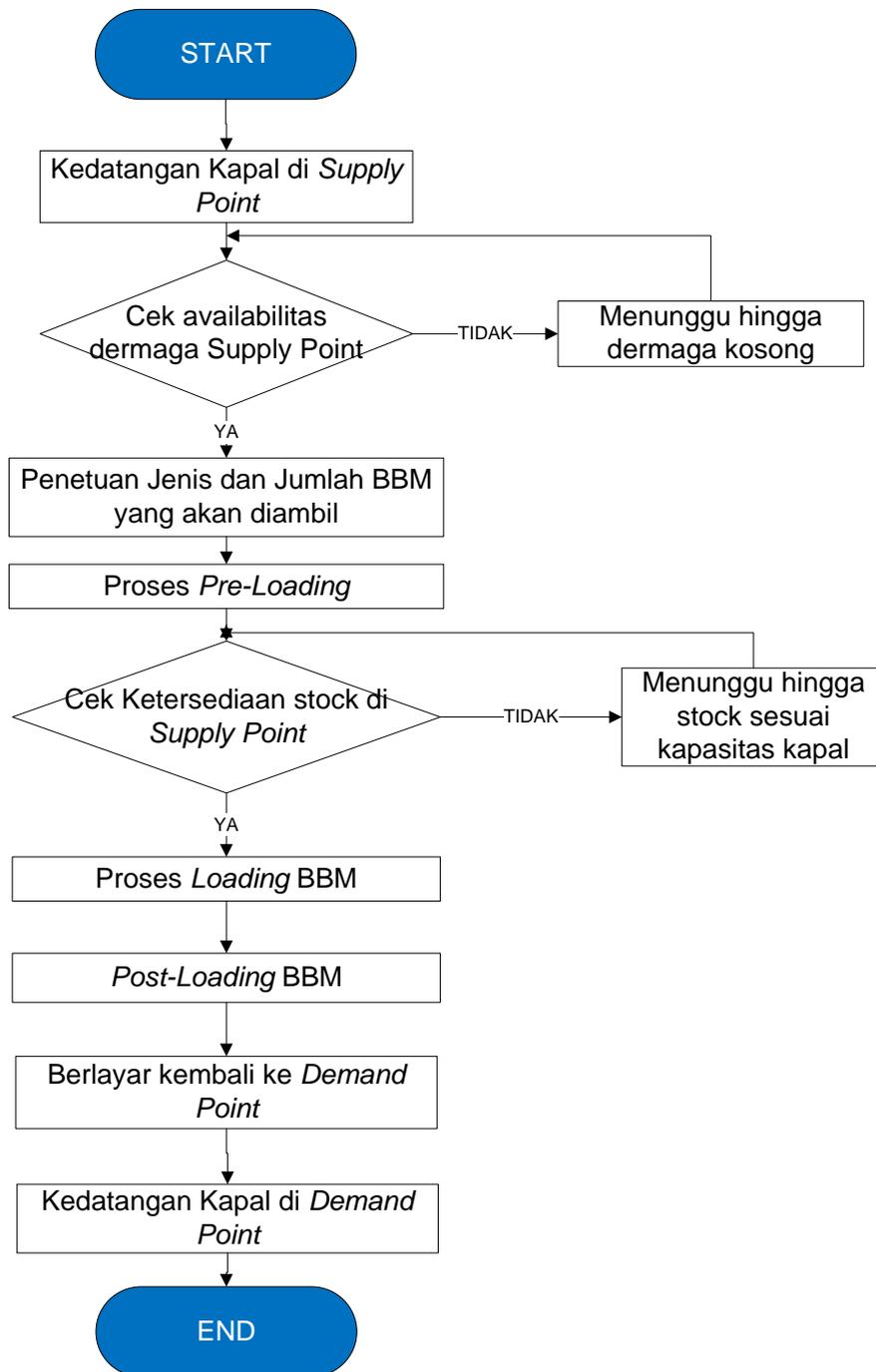
Pada bab ini akan dibahas mengenai tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam perancangan model simulasi sistem distribusi BBM. Tahapan-tahapan yang dilakukan dimulai dengan pembuatan model konseptual, perancangan model simulasi diskrit, penentuan jumlah replikasi, verifikasi serta validasi model, dan eksperimen.

5.1 Model Konseptual

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual yang akan menggambarkan logika dalam model simulasi yang dibuat. Model konseptual ini dibagi menjadi model konseptual berlayar menuju terminal BBM, model konseptual berlayar menuju *supply point*, model konseptual pemilihan tujuan pelabuhan *supply*, dan model konseptual penentuan jumlah dan jenis BBM yang diangkut.

5.1.1 Model Konseptual Berlayar Menuju Demand Point

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual berlayar menuju *demand point* pada sistem distribusi BBM eksisting. Berikut ini adalah gambar yang menunjukkan model konseptual berlayar menuju *demand point* dalam bentuk *flow logic diagram*.



Gambar 5. 1 Model Konseptual Berlayar menuju *Demand Point*

1. Kedatangan Kapal di Pelabuhan *Supply Point*

Proses ini merupakan salah satu dari proses distribusi BBM yang ada. Ketika kapal berada pada salah satu *supply point* yang ada, akan dilakukan proses *preloading*, *loading* dan *post loading* pada kapal yang datang serta kapal tersebut akan berlayar kembali menuju *demand point*.

2. Cek Availabilitas Dermaga *Supply Point*

Pada proses ini dilakukan pengecekan apakah dermaga kosong atau tidak sehingga kapal dapat sandar pada dermaga. Jika dermaga tidak dalam keadaan kosong, maka kapal harus menunggu hingga dermaga tersebut kosong.

3. Penentuan Jenis dan Jumlah BBM yang akan Diambil

Pada proses ini akan ditentukan jumlah dan jenis BBM yang akan diambil. Pada kondisi eksisting, jenis BBM yang akan diambil ditentukan berdasarkan jenis kapal yang dikirimkan dikarenakan setiap kapal sudah memiliki tugas dari *demand point* untuk mengambil BBM jenis apa saja. Sedangkan untuk jumlah BBM yang diambil mempertimbangkan kapasitas kapal yang melakukan proses *loading* dan jumlah yang diambil selalu *full tank*.

3. Proses *Pre-Loading*

Proses ini merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mempersiapkan pelabuhan dan kegiatan administrasi yang dibutuhkan seperti *drop anchor*, pengecekan dokumen, pengecekan muatan kapal, pengecekan perbandingan *actual received* dan *bill of lading* serta menunggu kapal pandu untuk beberapa jenis kapal.

4. Cek Ketersediaan Stok di *Supply Point*

Proses ini merupakan proses pengecekan level *inventory* untuk setiap produk yang ada di *supply point* terpilih sebelum dilakukannya proses *loading* produk terpilih.

$$\text{Jumlah Produk}_i \text{ dalam Storage}_i \geq \text{Kapasitas Kapal}$$

Dimana *i* adalah jenis BBM yang ada pada pelabuhan *supply*.

5. Proses *Loading*

Proses ini merupakan proses untuk melakukan pengisian BBM ke kapal. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan proses *loading* adalah sebagai berikut.

$$\text{Waktu Loading} = \frac{\text{Kapasitas kapal}}{\text{Kecepatan Pompa di Pelabuhan Supply}} \quad (5.1)$$

6. Proses *Post-Loading*

Proses ini merupakan serangkaian aktivitas yang dilakukan setelah selesainya proses *loading* selesai. Kegiatan yang termasuk dalam proses ini adalah pelepasan alat-alat *loading* dan menunggu kapal pandu.

7. Berlayar Kembali ke *Demand Point*

Proses ini merupakan proses pelayaran kapal dari pelabuhan *supply point* menuju *demand point*. Waktu berlayar ditentukan oleh kecepatan kapal yang berbeda-beda. Selain itu kondisi cuaca juga menentukan lama waktu berlayar. Lama waktu berlayar dapat diketahui dengan persamaan matematis berikut ini.

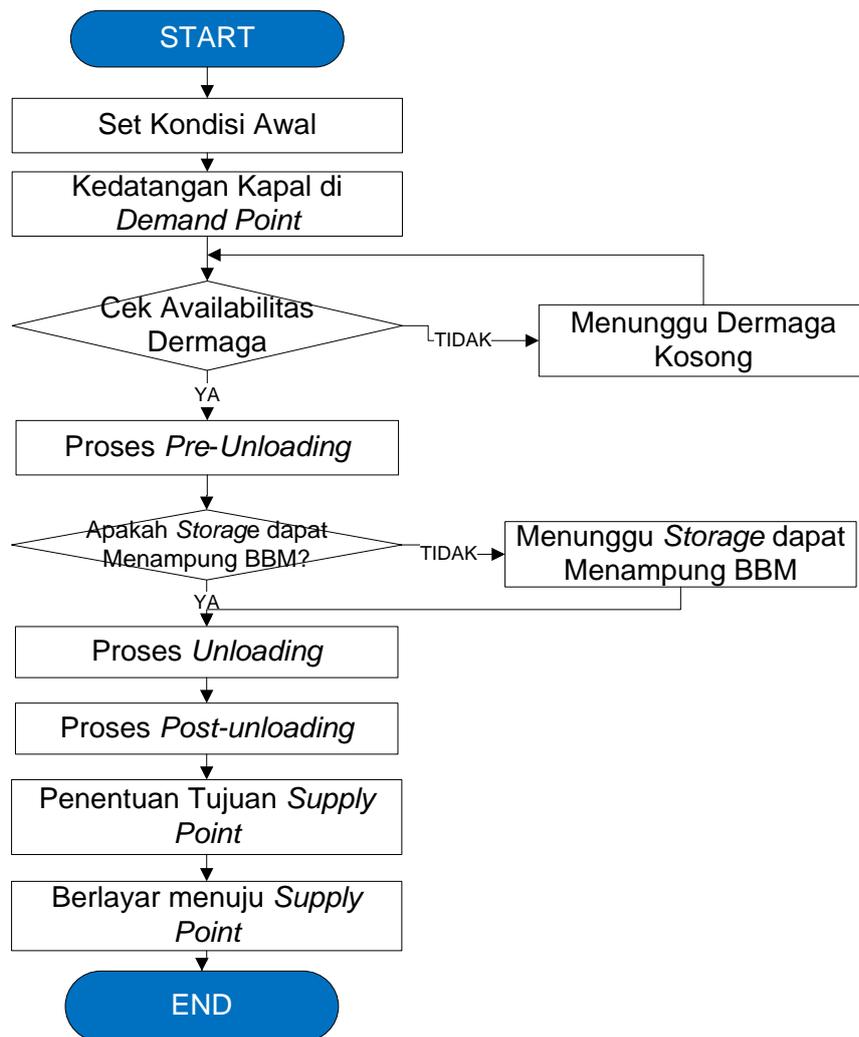
$$\text{Waktu Berlayar} = \frac{\text{Jarak Pelabuhan}}{\text{Kecepatan Kapal}} \quad (5.2)$$

8. Kedatangan Kapal di *Demand Point*

Kedatangan kapal di *demand point* merupakan salah satu rangkaian proses distribusi yang ada. Ketika kapal berada di sebuah dermaga pelabuhan *demand point* maka akan dilakukan *unloading* muatan kapal untuk menjaga level *inventory* di *demand point* agar tidak terjadi *shortage*.

5.1.2 Model Konseptual Berlayar Menuju Pelabuhan Supply

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual berlayar menuju salah satu *supply point* yang ada pada sistem distribusi BBM eksisting. Berikut ini adalah *flow logic diagram* berlayar menuju pelabuhan *supply* dalam distribusi BBM.



Gambar 5. 2 Model Konseptual Berlayar Menuju Pelabuhan *Supply*

Berdasarkan Gambar 5.2 terdapat beberapa tahapan dalam proses kapal berlayar menuju pelabuhan *supply* yaitu sebagai berikut.

1. Set Kondisi Awal

Pada tahap ini dilakukan penetapan jumlah awal kapal pada sistem, kapasitas serta posisi setiap kapal yang ada pada sistem distribusi BBM.

2. Kedatangan Kapal di *Demand Point*

Kedatangan kapal di *demand point* merupakan salah satu rangkaian proses distribusi yang ada. Ketika kapal berada di sebuah dermaga pelabuhan *demand point* maka akan dilakukan *unloading* muatan kapal untuk menjaga level *inventory* di terminal BBM agar tidak terjadi *shortage*.

3. Cek Availabilitas Dermaga *Demand Point*

Pada proses ini dilakukan pengecekan apakah dermaga kosong atau tidak sehingga kapal dapat sandar pada dermaga. Jika dermaga tidak dalam keadaan kosong, maka kapal harus menunggu hingga dermaga tersebut kosong.

4. Proses *Pre-Unloading*

Proses ini merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan untuk mempersiapkan pelabuhan dan kegiatan administrasi yang dibutuhkan sebelum kapal bersandar seperti *drop anchor*, pengecekan dokumen, pengecekan muatan kapal, pengecekan perbandingan *actual received* dan *bill of lading* serta menunggu kapal pandu untuk beberapa jenis kapal.

5. Proses *Unloading*

Proses ini merupakan proses bongkar muatan BBM ke *storage* yang terdapat di *demand point*. Durasi dalam melakukan proses *unloading* adalah sebagai berikut.

$$\text{Waktu Unloading} = \frac{\text{Jumlah Muatan}}{\text{Kecepatan Pompa di Pelabuhan TBBM}} \quad (5.3)$$

$$\text{Kapasitas Storage Produk}_i \geq \text{Muatan Produk}_i + \text{Stock Produk}_i$$

6. Proses *Post-Unloading*

Pada tahap ini proses yang dilakukan yaitu kegiatan pelepasan alat-alat pada proses *unloading*, dan menunggu pandu.

7. Penentuan Tujuan *Supply Point*

Penentuan pelabuhan *supply* dilakukan berdasarkan *coverage days of supply* tiap pelabuhan *supply* agar *inventory* tidak melebihi kapasitas *storage* di tiap pelabuhan *supply*. Pelabuhan *supply* dengan nilai *coverage days supply* paling kecil akan menjadi prioritas sebagai tujuan.

8. Proses Berlayar Menuju Pelabuhan *Supply*

Proses ini merupakan proses pelayaran kapal dari *demand point* menuju pelabuhan *supply* yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. Waktu berlayar ditentukan oleh kecepatan kapal yang berbeda-beda. Selain itu kondisi cuaca juga menentukan lama waktu berlayar. Lama waktu berlayar dapat diketahui dengan persamaan matematis berikut ini.

$$\text{Waktu Berlayar} = \frac{\text{Jarak Pelabuhan}}{\text{Kecepatan Kapal}} \quad (5.4)$$

5.1.3 Model Konseptual Penentuan Tujuan Pelabuhan Supply

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual penentuan tujuan pelabuhan *supply* yang ada pada sistem distribusi BBM eksisting. Penentuan pelabuhan *supply* yang dipilih ditentukan dengan aturan pemilihan tingkat *coverage days of demand* (CDD) yang paling kecil. Semakin kecil tingkat *coverage days* suatu jenis BBM menunjukkan persediaan BBM tersebut yang terdapat pada pelabuhan *demand* sudah mendekati kapasitas minimum penyimpanan BBM. Perhitungan ini akan dilakukan untuk 4 jenis BBM yang dimodelkan dan dalam melakukan perhitungan *coverage days of demand* lama waktu pengiriman (*round trip days*) diperhitungkan untuk melihat RTD yang lebih lama dikarenakan waktu yang dibutuhkan untuk sampai ke pelabuhan muat dan kembali lagi ke TBBM akan semakin lama. Setelah ditentukan jenis BBM yang memiliki tingkat *coverage days of demand* (CDD), maka kapal yang bertugas membawa jenis BBM tersebut akan diberangkatkan menuju salah satu *supply point* yang telah ditentukan. Berikut ini adalah rumus yang digunakan untuk menghitung *coverage days of demand*.

$$CDD = \frac{Inventory_{ip} + (Inventory\ Intransit_{ip})}{Demand\ Rate_i \times Leadtime_{ij}} \quad \forall i, p \quad (5.5)$$

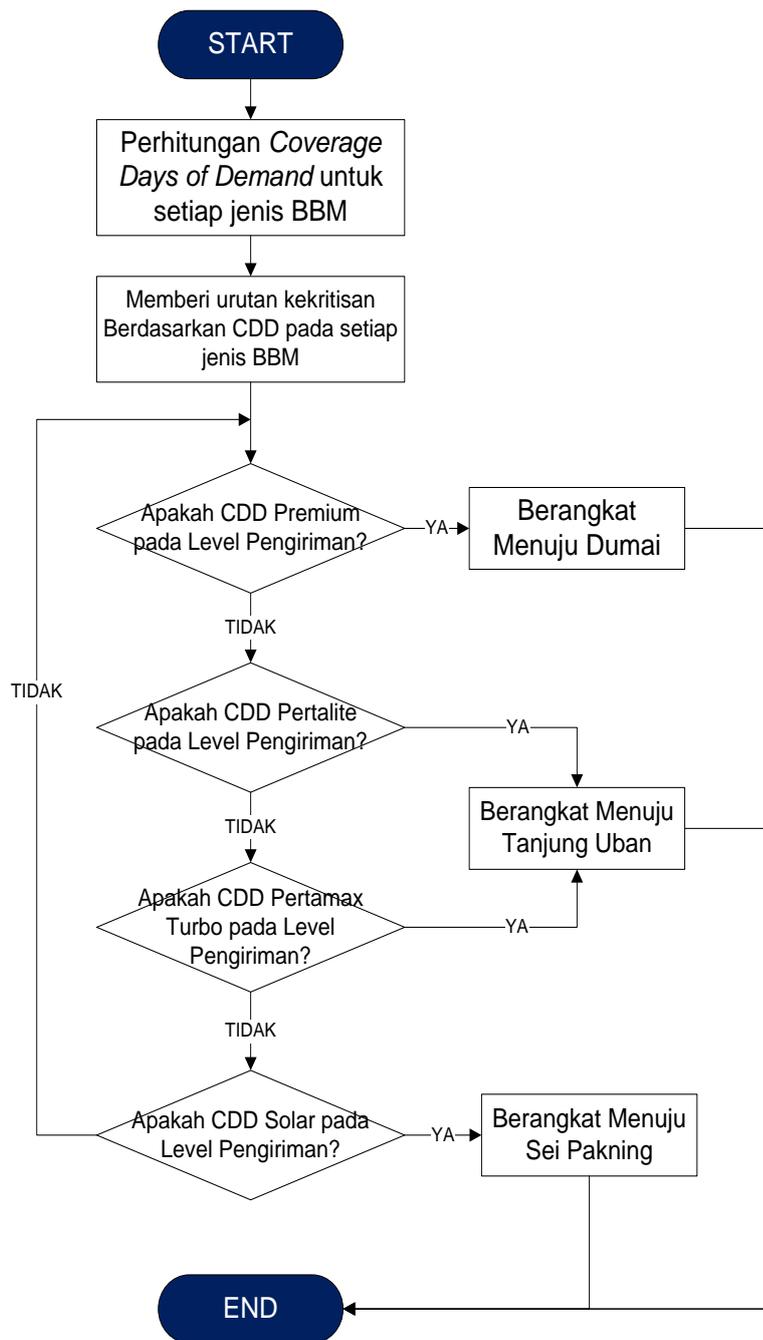
Dengan :

I : Terminal BBM (Pelabuhan Bongkar)

J : *Supply Point* (Pelabuhan Muat)

P : Jenis BBM

Berikut ini adalah *flow logic diagram* penentuan tujuan pelabuhan *supply* dalam sistem distribusi BBM eksisting.



Gambar 5. 3 Model Konseptual Penentuan Tujuan Pelabuhan *Supply*

Berdasarkan Gambar 5.3 terdapat beberapa tahapan dalam proses penentuan tujuan pelabuhan *supply* yaitu sebagai berikut.

1. Perhitungan *Coverage Days of Demand* setiap Jenis BBM

Pada tahap ini dilakukan perhitungan *coverage days of demand* untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*. Perhitungan ini dapat dilakukan dengan menggunakan rumus 5.5 yang telah dijelaskan sebelumnya.

2. Memberikan Urutan Kekritisannya untuk Setiap Jenis BBM

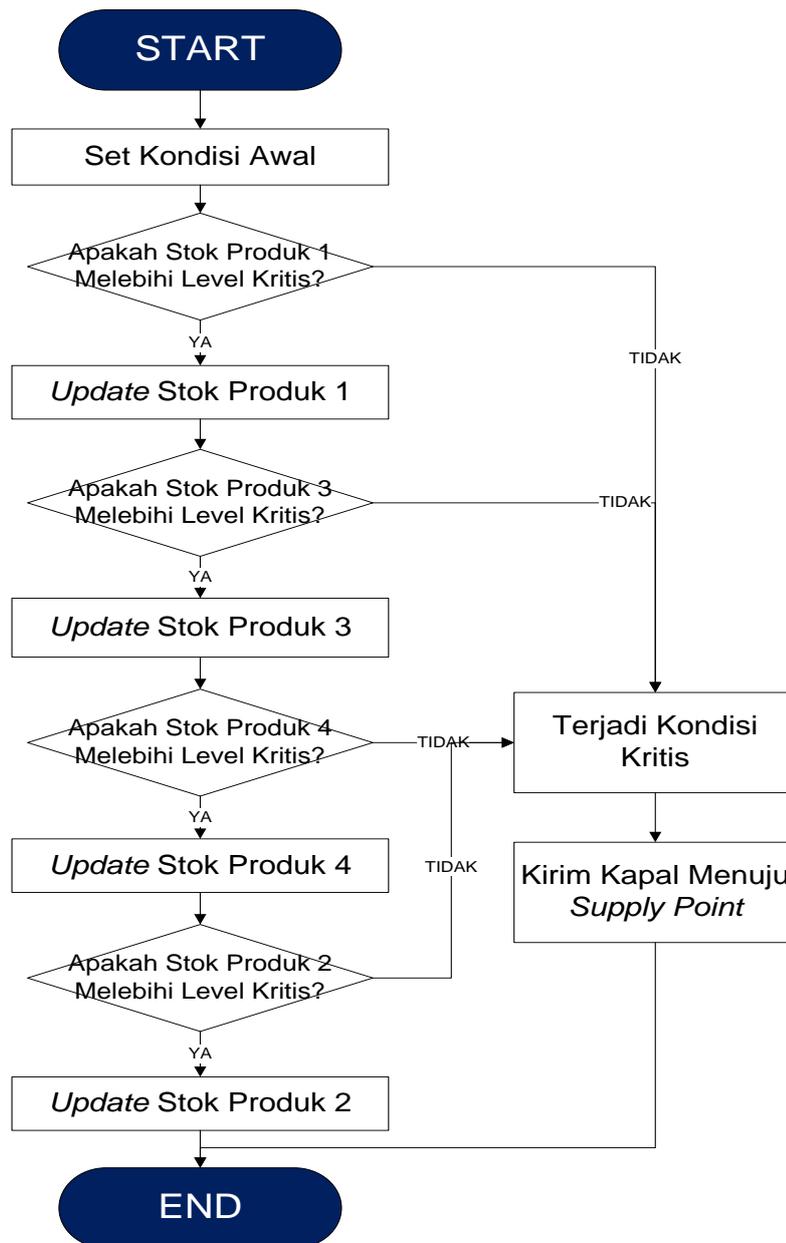
Pada tahap selanjutnya akan diberikan urutan kekritisannya untuk setiap jenis BBM berdasarkan nilai perhitungan *coverage days of demand* yang telah dihitung sebelumnya. Urutan paling kritis akan diberikan pada jenis BBM yang memiliki nilai *coverage days of demand* terkecil.

3. Penentuan Tujuan

Pada proses ini kapal akan berangkat menuju salah satu *supply point* berdasarkan tingkat kekritisannya yang dimiliki oleh jenis BBM yang paling kritis. Pada kondisi eksisting, tujuan *supply point* merupakan atribut pada kapal sehingga kapal akan hanya berangkat menuju salah satu *supply point* yang menjadi atributnya.

5.1.4 Model Konseptual Update Inventory Pelabuhan Bongkar

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual *update inventory* pada *demand point* dalam sistem distribusi BBM eksisting. Berikut ini adalah *flow logic diagram update inventory* pada pelabuhan bongkar.



Gambar 5. 4 Model Konseptual *Update Inventory* Pelabuhan Bongkar

Berdasarkan Gambar 5.4 terdapat beberapa tahapan dalam proses *update inventory* pada pelabuhan bongkar yaitu sebagai berikut.

1. Set Kondisi Awal

Pada tahap ini dilakukan penetapan jumlah awal setiap jenis BBM dalam masing-masing *storage* terminal BBM dan *daily of take* (DOT) untuk setiap jenis BBM di *demand point*.

2. Perhitungan Tingkat Kekritisian

Perhitungan tingkat kekritisian dapat dilakukan dengan menghitung *coverage days of demand* (CDD). Rumus untuk melakukan perhitungan *coverage days of demand* dapat dilihat pada rumus 5.5. Semakin kecil tingkat *coverage days* suatu jenis BBM menunjukkan persediaan BBM tersebut yang terdapat pada pelabuhan *demand* sudah mendekati kapasitas minimum penyimpanan BBM.

3. *Update Inventory* BBM

Kondisi ini merupakan kondisi dimana dilakukan *update* pada *storage* setiap jenis BBM di pelabuhan bongkar. Kondisi yang dapat menyebabkan terjadinya *update* adalah kedatangan kapal dan juga *demand/daily of take* (DOT) harian untuk setiap jenis BBM yang ada di terminal BBM.

4. Kondisi *Stockout*

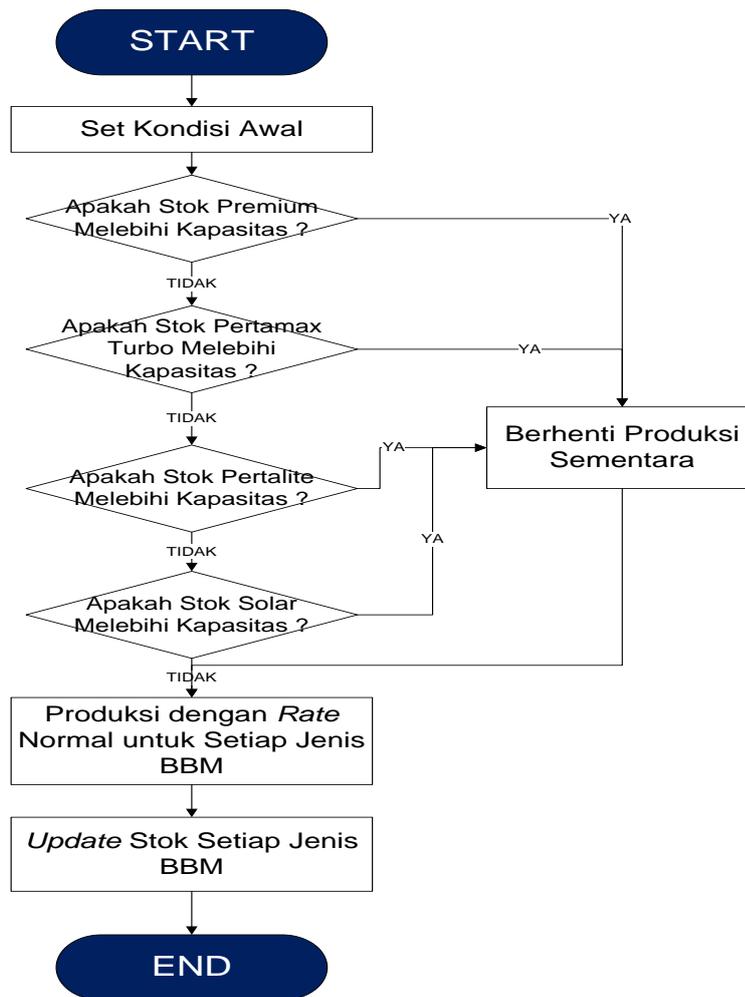
Kondisi ini akan dapat terjadi apabila stok semua jenis BBM yang ada tidak dapat memenuhi *demand/daily of take* (DOT) harian. Kondisi ini merupakan kondisi yang sangat dihindari oleh perusahaan karena dapat menurunkan *service level* dan menyebabkan kelangkaan di masyarakat.

5. Pengiriman Kapal

Pengiriman Kapal dilakukan dengan logika model konseptual yang dijelaskan pada Gambar 5.3. Tujuan serta muatan yang dibawa oleh kapal telah ditentukan sebelumnya oleh perusahaan pada keadaan eksisting.

5.1.5 *Model Konseptual Update Inventory Pelabuhan Supply*

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai model konseptual *update inventory* pada pelabuhan *supply point* dalam sistem distribusi BBM eksisting. Berikut ini adalah *flow logic diagram update inventory* pada pelabuhan *supply point*.



Gambar 5. 5 Model Konseptual *Update Inventory* Pelabuhan *Supply*

Berdasarkan Gambar 5.5 terdapat beberapa tahapan dalam proses *update inventory* pada pelabuhan *supply* yaitu sebagai berikut.

1. Set Kondisi Awal

Pada tahap ini dilakukan penetapan jumlah awal setiap jenis BBM dalam masing-masing *storage supply point*, *production/supply rate* untuk setiap jenis BBM di setiap *supply point* dan *daily of take* (DOT) untuk setiap jenis BBM di masing-masing *supply point*.

2. Pengecekan Stok Setiap Jenis BBM

Pengecekan dilakukan untuk mengetahui apakah stok setiap jenis BBM yang ada melebihi kapasitas di masing-masing *supply point*. Apabila stok melebihi kapasitas maka produksi akan berhenti sementara atau biasa disebut dengan

istilah *shutdown*. Kondisi inilah yang harus dihindari oleh setiap *supply point* karena dapat menyebabkan kerugian yang besar.

3. Berhenti Produksi

Kondisi ini akan terjadi apabila stok setiap jenis BBM yang ada di *supply point* sudah melebihi kapasitas *storage* yang ada. Kondisi ini sering disebut dengan istilah *shutdown* pada industri minyak dan gas bumi.

4. Produksi dengan *Rate Normal*

Kondisi ini akan dapat terjadi apabila stok semua jenis BBM yang ada tidak melebihi kapasitas *storage* di *supply point*. Apabila hal tersebut terjadi maka *production rate* dapat berjalan dengan normal.

5. *Update Stok* Setiap Jenis BBM

Update stok setiap jenis BBM akan dilakukan setiap harinya di *supply point*. Stok akan bertambah dengan adanya *production rate* di setiap *supply point* serta akan berkurang dengan adanya kejadian kedatangan kapal.

5.2 Model Simulasi

Pada subbab ini kan dijelaskan mengenai model simulasi sistem distribusi objek amatan eksisting. Model simulasi ini terdiri dari beberapa *submodel* antara lain adalah *submodel* kondisi awal, *submodel inventory supply point*, *submodel inventory demand* tujuan, *submodel loading* BBM pada *supply point*, *submodel unloading* BBM pada *demand point*.

5.2.1 *Submodel Kondisi Awal*

Submodel kondisi awal ini dibuat untuk mengatur kondisi awal kapal dan sistem distribusi eksisting. Pada *software* simulasi diskrit yang digunakan, *submodel* kondisi awal ini menggunakan modul *create*, *assign*, dan *route*.

Pada *submodel* ini digunakan modul *create* yang akan mewakili 5 jenis kapal yang ada. Setiap *create* yang ada, memiliki batas maksimal kedatangan entitasnya hanya satu, namun untuk modul *create* patra batas maksimal kedatangan entitasnya adalah 3 karena kapal dengan jenis patra terdapat 3 kapal pada sistem distribusi eksisting. Setiap *create* yang ada diberikan atribut dan variabel berupa

jenis kapal, kapasitas kapal, kecepatan kapal, *unloading rate*, *loading rate*, harga bahan bakar, jumlah mesin, konsumsi bahan bakar mesin, biaya sewa kapal serta *entity picture* kapal untuk menunjukkan bahwa entitas tersebut adalah entitas kapal. Seluruh atribut dan variabel ini digunakan untuk proses perhitungan pada submodel *loading* pada *supply point* dan *unloading* pada *demand*. Seluruh kapal pada kondisi awal diasumsikan pada setiap *supply point* yang menjadi rutenya. Hal ini dikarenakan berdasarkan informasi dari pihak perusahaan bahwa saat melakukan awal kontrak penyewaan kapal, kapal langsung dikirim menuju *supply point* yang menjadi tujuannya untuk mengambil BBM. Untuk mengarahkan kapal pada *supply point* tujuan, digunakan modul *route* dengan waktu 0 yang mengindikasikan bahwa lokasi awal kapal adalah di masing-masing *supply point* yang menjadi tujuannya.

Selain itu kondisi awal simulasi juga meliputi kondisi pada masing-masing *supply point* dan *demand* sistem distribusi eksisting. Kondisi ini meliputi stok awal setiap BBM yang ada untuk setiap *supply point*, stok awal BBM untuk terminal BBM, *production rate* untuk setiap *supply point*, *demand rate* untuk terminal BBM, kapasitas *storage* untuk setiap BBM pada setiap *supply point* dan terminal BBM, nilai awal variabel seperti *intransit inventory*. Kondisi awal ini akan diberikan pada nilai masing-masing variabel yang ada pada *software* simulasi diskrit.

5.2.2 Submodel Inventory Supply Point

Submodel ini digunakan untuk menggambarkan setiap jenis BBM yang diproduksi oleh *supply point*, masuk ke dalam *storage supply point* dan *update* kondisi stok untuk setiap jenis BBM yang ada pada masing-masing *supply point*. Pada *software* simulasi diskrit yang digunakan, *submodel* kondisi awal ini menggunakan modul *create*, *assign*, *delay* dan *decide*. *Submodel* ini terdiri dari 8 model yang menggambarkan *production rate* setiap jenis BBM untuk setiap *supply point* yang ada. Pada *supply point 1 & supply point 2*, *submodel* ini menggambarkan *production rate* jenis BBM tipe premium dan solar. Sedangkan untuk *supply point 3*, *submodel* yang digambarkan adalah *submodel production rate* BBM dengan jenis Produk 1, Produk 2, Produk 3 dan Produk 4.

Pada *submodel* ini, entitas yang melewati modul *create* adalah aliran laju produksi untuk setiap jenis BBM untuk setiap *supply point* yang ada. Kedatangan entitas ini dilakukan hanya sekali saja di awal kemudian akan dilakukan *delay* selama 24 jam yang menandakan bahwa *production rate* untuk setiap BBM di setiap *supply point* yang ada dilakukan *update* setiap hari. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *decide* dengan *2 way by condition* untuk melihat kondisi stok eksistingnya apakah melebihi kapasitas yang ada. Apabila stok eksistingnya melebihi kapasitas yang ada maka produksi BBM akan dihentikan pada hari itu. Sedangkan apabila stok eksistingnya masih ada dibawah kapasitas maksimum dan dapat menampung *production rate* hariannya maka stok eksisting BBM akan ditambahkan dengan *production rate* harian yang ada. Kondisi ini berlaku untuk setiap jenis BBM yang ada di setiap *supply point* yang ada dalam model ini.

5.2.3 *Submodel Inventory Demand Tujuan*

Submodel ini bertujuan untuk melakukan *update* stok setiap jenis BBM yang terdapat di *storage* terminal BBM. Untuk *submodel* simulasi *inventory demand* tujuan, modul yang digunakan adalah *create*, *assign*, *delay*, dan juga modul *readwrite*.

Pada *submodel* ini diketahui bahwa *submodel inventory demand* tujuan memiliki 4 modul *create* yang berfungsi untuk mengalirkan informasi pengurangan *stock on hand* dari setiap jenis BBM yang ada. Modul *create* ini akan mengeluarkan entitas sebanyak 1 kali dan *maximum arrival* nya juga sebanyak 1. Kemudian entitas tersebut akan di kenai modul *delay* dengan waktu *delay* selama 24 jam untuk melakukan *update* secara harian. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *assign* untuk dilakukan *update* pengurangan *stock on hand* sesuai dengan *demand* harian untuk setiap jenis BBM. Pengurangan ini dilakukan secara harian karena pada sistem distribusi eksisting parameter yang digunakan adalah *daily of take* atau *demand* BBM harian. Selain itu pada modul *assign* ini akan dihitung *coverage days of demand* (CDD) untuk setiap jenis BBM yang ada pada terminal BBM. Perhitungan *coverage days of demand* (CDD) ini sesuai dengan rumus 5.5 yang telah dijabarkan sebelumnya. Selanjutnya entitas akan masuk pada modul *decide*

untuk menentukan apakah CDD yang ada berada dibawah level pengiriman yang ditetapkan oleh perusahaan atau tidak. Level pengiriman yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 5 hari dan apabila *coverage days of demand* berada dibawah atau pada level tersebut maka akan ada modul *assign* yang mengindikasi perusahaan akan otomatis mengirimkan kapal pada salah satu *supply point* untuk mengambil jenis BBM yang berada dibawah level pengiriman. Selain itu apabila *coverage days of demand* setiap jenis BBM masih berada diatas level pengiriman yang ditetapkan oleh perusahaan maka *stock on hand* jenis BBM tersebut akan dikurangi dengan *daily of take* (DOT) jenis BBM tersebut. Kemudian entitas akan dikembalikan pada modul *delay* selama 24 jam yang menandakan bahwa entitas tersebut sudah masuk pada hari berikutnya dalam sistem.

5.2.4 Submodel Loading BBM pada Supply Point

Submodel ini berisi mengenai proses yang dilakukan saat kapal tiba di salah satu *supply point* hingga berlayar kembali menuju pelabuhan *demand*. Untuk *submodel* ini modul-modul yang digunakan pada *software* simulasi diskrit adalah *assign, decide, hold, process, delay, station* dan *route*.

Pada *submodel* ini diketahui bahwa setiap model pada *supply point* tujuan selalu dimulai dengan modul *station*. *Station* menandakan bahwa entitas telah sampai pada pelabuhan tujuan kemudian akan menunggu untuk dapat sandar pada pelabuhan tersebut. Entitas kapal yang sampai kemudian akan melewati modul *assign* yang akan menandakan lokasi entitas, durasi berlayar dan biaya berlayar dari *demand point* menuju pelabuhan *supply point*. Kemudian entitas akan masuk ke modul *decide* untuk melihat avabilitas *resource* dermaga yang ada pada *supply point*, apakah dermaga dalam keadaan *idle/busy*. Apabila dermaga dalam keadaan *busy* maka entitas akan masuk dalam modul *hold* dan menunggu hingga dermaga kosong. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *assign* untuk melihat durasi kongesti apabila ada kongesti yang terjadi pada kapal. Kemudian entitas kapal akan masuk dalam modul *process* yang akan memasangkan kapal dengan *resource* dermaga yang tersedia pada *supply point*, proses yang disebut *pretime* ini akan berlangsung hingga kapal selesai melakukan seluruh kegiatan di dermaga *supply*

point. Kemudian entitas kapal akan masuk ke dalam modul *assign* untuk menghitung waktu antara kapal datang dan sandar di pelabuhan *supply* atau yang biasa disebut waktu *pretime*. Setelah itu entitas akan masuk dalam modul *delay* yang akan menghitung lamanya proses *loading* BBM, namun pada *submodel* di *supply point 3* akan ditentukan dulu jenis kapal apa yang masuk sehingga BBM yang diberikan pada kapal akan sesuai dengan atribut BBM yang ada pada masing-masing kapal tersebut. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *assign* untuk menghitung lamanya proses *loading* BBM, penambahan *variable intransit inventory* pada jenis BBM yang diambil dan pengurangan *stock on hand supply point* untuk setiap jenis BBM yang diambil. Selanjutnya entitas akan masuk dalam modul *posttime* yang akan melepaskan *resource* dermaga dari entitas yang berarti *resource* dermaga berada dalam keadaan *idle* sehingga dapat digunakan oleh entitas lainnya. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *assign* untuk dilakukan perhitungan waktu antar *loading* dan berangkat atau yang biasa disebut waktu *posttime* dan pada *submodel* di *supply point 3* entitas akan dilewatkan modul *decide* terlebih dahulu untuk menghitung waktu *posttime* untuk masing-masing kapal. Pada akhirnya entitas akan masuk dalam modul *route* yang akan mengarahkan entitas kapal langsung pada terminal BBM sebagai pelabuhan *demand* pada sistem distribusi ini dan akan menghitung lama perjalanan berdasarkan rumus 5.2 pada subbab sebelumnya.

5.2.5 *Submodel Unloading BBM pada Demand Point*

Submodel ini berisi mengenai proses yang dilakukan saat kapal tiba di pelabuhan *demand* hingga berlayar menuju salah satu *supply point*. Untuk *submodel* ini modul-modul yang digunakan pada *software* simulasi diskrit adalah *assign*, *decide*, *hold*, *process*, *delay*, *readwrite*, *station* dan *route*.

Pada *submodel* ini diketahui bahwa model pada terminal *demand* selalu dimulai dengan modul *station*. *Station* menandakan bahwa entitas telah sampai pada pelabuhan *demand* kemudian akan menunggu untuk dapat sandar pada pelabuhan tersebut. Entitas kapal yang sampai kemudian akan melewati modul *assign* yang akan menandakan lokasi entitas, durasi berlayar dan biaya berlayar dari

salah satu pelabuhan *supply point* menuju *demand point*. Kemudian entitas akan masuk ke modul *decide* untuk melihat availabilitas *resource* dermaga yang ada pada terminal *demand*, apakah dermaga dalam keadaan *idle/busy*. Apabila dermaga dalam keadaan *busy* maka entitas akan masuk dalam modul *hold* dan menunggu hingga dermaga kosong. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *assign* untuk melihat durasi kongesti apabila ada kongesti yang terjadi pada kapal. Setelah itu entitas kapal akan masuk dalam modul *process* yang akan memasangkan kapal dengan *resource* dermaga yang tersedia pada terminal *demand*, proses yang disebut *pretime* ini akan berlangsung hingga kapal selesai melakukan seluruh kegiatan di dermaga terminal *demand*. Lalu entitas kapal akan masuk ke dalam modul *assign* untuk menghitung waktu antara kapal datang dan sandar di pelabuhan terminal *demand* atau yang biasa disebut waktu *pretime*. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *hold* untuk mengecek apakah kapasitas *storage* dapat menampung seluruh muatan kapal atau tidak., jika tidak maka entitas kapal akan ditahan pada modul *hold*. Setelah itu entitas akan masuk dalam modul *delay* yang akan menghitung lamanya proses *unloading* BBM, namun pada *submodel* ini akan ditentukan dulu jenis kapal apa yang masuk sehingga BBM yang dialirkan pada *storage* akan sesuai dengan atribut BBM yang ada pada masing-masing kapal tersebut. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *assign* untuk menghitung lamanya proses *unloading* BBM, pengurangan *variable intransit inventory* pada jenis BBM yang diambil dan penambahan *stock on hand supply point* untuk setiap jenis BBM yang diambil. Selanjutnya entitas akan masuk dalam modul *posttime* yang akan melepaskan *resource* dermaga dari entitas yang berarti *resource* dermaga berada dalam keadaan *idle* sehingga dapat digunakan oleh entitas lainnya. Kemudian entitas akan masuk dalam modul *assign* untuk dilakukan perhitungan waktu antar *loading* dan keluar dari dermaga atau yang biasa disebut waktu *posttime*. Setelahnya entitas kapal akan masuk dalam modul *decide* untuk memisahkan kapal berdasarkan jenis dan muatannya. Kemudian setiap entitas kapal akan masuk dalam modul *hold* untuk menunggu sinyal kritis yang akan dikirimkan dari *submodel inventory demand* tujuan. Sinyal kritis akan dikirimkan apabila *coverage days of demand (CDD)* salah satu jenis BBM berada dibawah level

pengiriman yang ditetapkan oleh perusahaan. Level pengiriman yang ditetapkan oleh perusahaan adalah 5 hari dan apabila *coverage days of demand* berada dibawah atau pada level tersebut maka kapal yang memiliki atribut BBM yang kritis akan diberangkatkan menuju *supply point* yang menjadi tujuannya. Pada kasus kapal yang mengambil 2 jenis BBM bersamaan dalam sekali pengiriman seperti BA, J dan WK, apabila salah satu jenis BBM yang menjadi atributnya berada pada level kritis maka kapal akan otomatis berangkat tanpa mempedulikan apakah BBM jenis lainnya berada pada level kritis atau tidak. Pada akhirnya setiap entitas kapal akan masuk dalam modul *route* yang akan mengarahkan entitas kapal langsung pada *supply point* tujuannya sebagai pelabuhan *supply* pada sistem distribusi ini dan akan menghitung lama perjalanan berdasarkan rumus 5.4 pada subbab sebelumnya.

5.3 Perhitungan Jumlah Replikasi

Setelah menjalankan model simulasi sistem yang ada selanjutnya akan dilakukan penentuan jumlah replikasi yang diperlukan. Penentuan jumlah replikasi dilakukan untuk mendapatkan hasil simulasi yang akurat. Hal ini mengingat metode simulasi merupakan metode yang mencakup parameter-parameter yang bersifat stokastik dan sifat dari simulasi sendiri yang RIRO (*Random Input Random Output*). Salah satu pendekatan untuk mengetahui jumlah replikasi yang diperlukan adalah dengan mencoba replikasi awal dan menghitung interval estimasi nilai rata-rata populasi (*half-width*) berdasarkan sampel replikasi yang telah dicoba (Law & Kelton, 2000). Rumus untuk menghitung *half-width* seperti yang telah dijabarkan pada persamaan 3.4 dan 3.5 yaitu sebagai berikut.

$$hw = e$$

$$\frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times std}{\sqrt{n}} = e$$

dengan pengertian dari masing-masing variabel adalah:

- α = tingkat *error*
- n = jumlah replikasi
- std = standar deviasi populasi

t = nilai t berdasarkan tabel distribusi t

Pada penentuan jumlah replikasi ini *output* yang akan digunakan berupa kondisi *stock on hand* untuk setiap BBM yang ada di *demand point*. Sebagai awal penentuan jumlah replikasi akan dilakukan *running* simulasi sebanyak lima kali replikasi, dimana setiap replikasi dilakukan akan dilakukan *running* selama 7 hari dikarenakan data yang digunakan merupakan data mingguan. Penentuan jumlah replikasi yang akan digunakan memakai *stock on hand* BBM Produk 1. Berikut ini adalah *output* dari lima replikasi *stock on hand* BBM Produk 3 yang ada.

Tabel 5. 1 *Output Running* Awal Penentuan Jumlah Replikasi

Replikasi	Hasil Simulasi (Produk 3)	Output Eksisting
1	1075.534	1100
2	1113.019	1100
3	1150.908	1100
4	1119.919	1100
5	1094.509	1100
Rata-Rata	1110.778	1100
Standar Deviasi	28.31002036	0

Dengan tingkat *error* 5%, maka berdasarkan hasil *running* tersebut nilai *error half-width* adalah sebagai berikut.

$$\alpha = 0.05$$

$$n = 5$$

$$\text{std} = 28.31002$$

$$t = 2.776$$

$$hw = \frac{t_{(n-1, \frac{\alpha}{2})} \times \text{std}}{\sqrt{n}}$$

$$hw = \frac{2.776 \times 28.31002}{\sqrt{5}} = 35.1459$$

Dari hasil perhitungan didapatkan nilai *hw* sebesar 35.1459 kL atau sebesar 3.16% dari rata-rata *output* simulasi. Dengan nilai *hw* tersebut maka dapat disimpulkan bahwa 5 replikasi sudah mewakili sistem yang ada. Namun untuk memastikan jumlah replikasi yang sesuai, akan dilakukan perhitungan *n'* untuk

melihat seberapa banyak sebenarnya replikasi yang dibutuhkan. Berikut ini merupakan rumus perhitungan jumlah replikasi yang dibutuhkan atau rumus perhitungan nilai n' .

$$n' = \left[\frac{z\left(\frac{\alpha}{2}\right) \times std}{hw} \right]^2 \quad (5.6)$$

$$n' = \left[\frac{1.96 \times 28.31002}{35.1459} \right]^2$$

$$n' = 2.492546 \approx 3 \text{ Replikasi}$$

Berdasarkan perhitungan jumlah replikasi tersebut diketahui bahwa kebutuhan replikasi dalam simulasi sistem distribusi ini adalah 2.492546 atau yang dapat dibulatkan menjadi 3. Karena kebutuhan jumlah replikasi yang diperlukan lebih kecil dibandingkan replikasi yang telah dijalankan sebelumnya, maka jumlah replikasi yang digunakan tetap sama dengan replikasi awal model yaitu sebanyak 5. Semakin banyak jumlah replikasi yang digunakan maka data yang akan dihasilkan semakin akurat dan mengurangi kemungkinan hasil yang *random*. Jumlah replikasi ini akan digunakan dalam melakukan analisa *output* model simulasi eksisting maupun model simulasi skenario.

5.4 Verifikasi dan Validasi

Pada subbab 5.4 ini akan dijelaskan mengenai uji verifikasi dan validasi dari model simulasi eksisting yang dijalankan untuk memastikan bahwa model simulasi tersebut merepresentasikan sistem distribusi BBM eksisting.

5.4.1 Verifikasi

Verifikasi merupakan proses untuk menentukan apakah suatu model simulasi telah berjalan benar sesuai kondisi sebenarnya (Siswanto, et al., 2017). Selain itu, proses verifikasi dilakukan untuk menguji ada atau tidaknya *semantic error* dan *syntac error* yang terjadi pada model simulasi. Proses verifikasi untuk *syntac error* dapat dilihat dari hasil *debug* di *software* simulasi diskrit yang menyatakan bahwa tidak ada *error* dalam hal kode pada model simulasi yang ada.

Selain dilakukan uji *syntac error*, akan dilakukan uji *semantic error* yaitu pengujian logika model apakah sudah sesuai dengan logika sistem yang seharusnya. Hal ini dapat dilihat dari hasil animasi di *software* simulasi diskrit dan juga hasil yang dikeluarkan oleh model simulasi diskrit. Pada tabel hasil *output* simulasi yang terdapat pada lampiran terlihat bahwa *output* yang dihasilkan oleh metode simulasi dengan menggunakan *software* sudah sesuai dengan logika yang ada. Jumlah stok setiap *supply point* dan terminal BBM akan dilakukan *update* kondisi setiap stok pada pelabuhan telah sesuai dengan hari, pelabuhan yang dituju telah sesuai dengan perhitungan tujuan dan pemilihan tingkat *coverage days* terkecil untuk pelabuhan. Pada tampilan animasi logika pengiriman kapal, diketahui bahwa kapal akan dikirimkan apabila *coverage days of demand* (CDD) salah satu jenis BBM yang ada di *demand point* sudah berada pada level CDD pengiriman atau dibawahnya yaitu 5 hari. Apabila hal ini terjadi maka kapal akan berangkat menuju tujuannya di salah satu *supply point* yang menjadi tujuannya untuk melakukan *loading* jenis BBM tertentu dan kembali menuju terminal BBM untuk melakukan *unloading* muatan yang dimiliki oleh kapal.

Selain dilakukan verifikasi logika aturan pengiriman kapal, akan dilakukan verifikasi logika *update stock on hand* untuk setiap *storage* yang ada di *demand point* maupun *supply point*. Pada *update stock on hand* setiap jenis BBM yang ada pada *demand point*, *stock on hand* BBM jenis tertentu akan bertambah apabila terdapat kejadian kapal selesai melakukan *unloading* BBM jenis tertentu dan *stock on hand* setiap jenis BBM akan berkurang setiap harinya berdasarkan *daily of take* (DOT) untuk setiap jenis BBM. Sedangkan logika *update stock on hand* yang ada pada *supply point* adalah *stock on hand* jenis BBM tertentu akan berkurang apabila ada kejadian kapal melakukan *loading* jenis BBM tertentu dan *stock on hand* setiap BBM akan bertambah setiap harinya berdasarkan *production rate* yang dimiliki oleh setiap *supply point*. *Production rate* ini merupakan *production rate* yang menyesuaikan dari selisih *production rate* sebenarnya dengan *daily of take* (DOT) masing-masing *supply point* selain ke *demand point*.

Kedua animasi tersebut sudah menggambarkan logika pengiriman kapal & *update stock storage* BBM dengan benar. Pada animasi logika pengiriman kapal, kapal akan berangkat menuju salah satu *supply point* apabila jenis BBM yang menjadi atributnya

berada dibawah atau pada level pengiriman yang telah ditetapkan yaitu lima hari. Sedangkan pada animasi logika *update stock storage* BBM, *stock on hand* (SOH) pada terminal BBM akan bertambah apabila ada kapal datang dan berkurang setiap harinya berdasarkan *demand rate* yang ada dan pada *supply point*, SOH akan bertambah setiap harinya berdasarkan *production rate* dan akan berkurang apabila ada kapal datang.

5.4.2 Validasi

Validasi merupakan proses yang dilakukan untuk memastikan bahwa model yang telah dibuat baik model konseptual maupun model simulasi sesuai dengan sistem nyata dan merupakan representasi sistem nyata (Strickland, 2014). Dalam perhitungan validasi ini akan dilakukan dengan uji hipotesis dua populasi. Metode ini digunakan untuk membandingkan dan menacari perbedaan antara dua populasi yang berbeda. Suatu model dikatakan *valid* jika *output* hasil menjalankan model simulasi tidak memiliki perbedaan yang signifikan terhadap hasil kondisi sistem eksisting. Data yang digunakan dalam uji validasi ini meliputi data *stock on hand* untuk setiap jenis BBM yang ada pada *demand* yaitu Produk 1, Produk 2, Produk 3 dan Produk 4. Berikut ini adalah tabel yang akan menunjukkan *output* hasil model simulasi.

Tabel 5. 2 *Output* Hasil Simulasi

Replikasi	Produk 1		Produk 2		Produk 3		Produk 4	
	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting	Simulasi	Eksisting
1	3470.816	3100	9048.773	8700	1075.534	1100	1308.73	1300
2	2810.185	3100	8716.174	8700	1113.019	1100	1758.613	1300
3	3236.376	3100	9771.272	8700	1150.908	1100	1471.353	1300
4	3083.055	3100	8600.702	8700	1119.919	1100	1229.109	1300
5	2909.529	3100	8447.275	8700	1094.509	1100	1280.632	1300
Rata-Rata	3101.992	3100	8916.839	8700	1110.778	1100	1409.687	1300
Standar Deviasi	262.9839	0	526.3462	0	28.31002	0	215.0627	0

Dalam pangujian hipotesis yang akan dilakukan, metode yang digunakan adalah *hypothesis testing independent samples*. *Null hypothesis* (H_0) yang digunakan menyatakan bahwa tidak ada perbedaan signifikan antara rata-rata *output* hasil simulasi dengan *output* sistem nyata, dan sebaliknya *alternative*

hypothesis (H_A) yang digunakan menyatakan bahwa terdapat perbedaan signifikan antara rata rata *output* hasil simulasi dengan sistem nyata. Jumlah sampel yang digunakan adalah sebanyak lima sehingga pendekatan distribusi yang sesuai untuk digunakan adalah pendekatan *student's t distribution*. Rumus yang digunakan dalam metode uji rataan dua populasi dengan pendekatan *student's t distribution* adalah sebagai berikut.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad (5.7)$$

$$t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}} \quad (5.8)$$

Dengan notasi sebagai berikut.

s_1 = standar deviasi sampel hasil simulasi

s_2 = standar deviasi sampel sistem eksisting

n_1 = jumlah sampel hasil simulasi

n_2 = jumlah sampel sistem eksisting

μ_1 = rata rata populasi hasil simulasi

μ_2 = rata rata populasi sistem eksisting

\bar{x}_1 = Rata rata sampel hasil simulasi

\bar{x}_2 = Rata rata sampel sistem eksisting

s_p = *pooled standard deviation*

Berikut ini adalah contoh perhitungan uji hipotesis rataan dua populasi pada *stock on hand* BBM produk 1 di *terminal demand*.

$$S_p = \sqrt{\frac{(n_1-1)S_1^2 + (n_2-1)S_2^2}{n_1 + n_2 - 2}} \quad t = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{S_p \sqrt{\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}}}$$

$$S_p = \sqrt{\frac{(4)282.983^2 + (4)0^2}{5+5-2}} \quad t = \frac{(3101.992 - 3100) - (0)}{200.099 \sqrt{\frac{1}{5} + \frac{1}{5}}}$$

$$S_p = 200.099 \quad t = 0.01694$$

Berikut ini adalah tabel hasil uji hipotesis rataan dua populasi untuk *stock on hand* (SOH) setiap jenis BBM yang ada pada *terminal demand*.

Tabel 5. 3 Hasil Uji Hipotesis Rataan Dua Populasi SOH Produk 1 & Produk 2

Produk 1			Produk 2		
	Simulas <i>i</i>	Eksistin <i>g</i>		Simulas <i>i</i>	Eksistin <i>g</i>
Mean	3101.992	3100	Mean	8916.839	8700
Variance	69160.52	0	Variance	277040.4	0
Observations	5	5	Observations	5	5
Pooled Variance	34580.26		Pooled Variance	138520.2	
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	8		df	8	
t Stat	0.016938		t Stat	0.921194	
P(T<=t) one-tail	0.49345		P(T<=t) one-tail	0.191944	
t Critical one-tail	1.859548		t Critical one-tail	1.859548	
P(T<=t) two-tail	0.986901		P(T<=t) two-tail	0.383887	
t Critical two-tail	2.306004		t Critical two-tail	2.306004	

Tabel 5. 4 Hasil Uji Hipotesis Rataan Dua Populasi *SOH* Produk 3 & Produk 4

Produk 1			Produk 4		
	Simulas <i>i</i>	Eksistin <i>g</i>		Simulas <i>i</i>	Eksistin <i>g</i>
Mean	1110.778	1100	Mean	1409.687	1300
Variance	801.4573	0	Variance	46251.96	0
Observations	5	5	Observations	5	5
Pooled Variance	400.7286		Pooled Variance	23125.98	
Hypothesized Mean Difference	0		Hypothesized Mean Difference	0	
df	8		df	8	
t Stat	0.851275		t Stat	1.140452	
P(T<=t) one-tail	0.209683		P(T<=t) one-tail	0.143544	
t Critical one-tail	1.859548		t Critical one-tail	1.859548	
P(T<=t) two-tail	0.419366		P(T<=t) two-tail	0.287088	
t Critical two-tail	2.306004		t Critical two-tail	2.306004	

Sehingga berdasarkan tabel tersebut dapat diketahui bahwa seluruh hasil perhitungan dengan *t test* untuk keempat variabel tersebut sudah berada dalam *range* daerah penerimaan. Maka dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima atau *do not reject* H_0 karena terdapat cukup bukti untuk menyatakan bahwa tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara *output* model simulasi dengan *output* sistem eksisting. Sehingga dapat disimpulkan bahwa model simulasi yang telah dibuat dapat merepresentasikan sistem distribusi eksisting.

(halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 6

EKSPERIMEN DAN ANALISIS

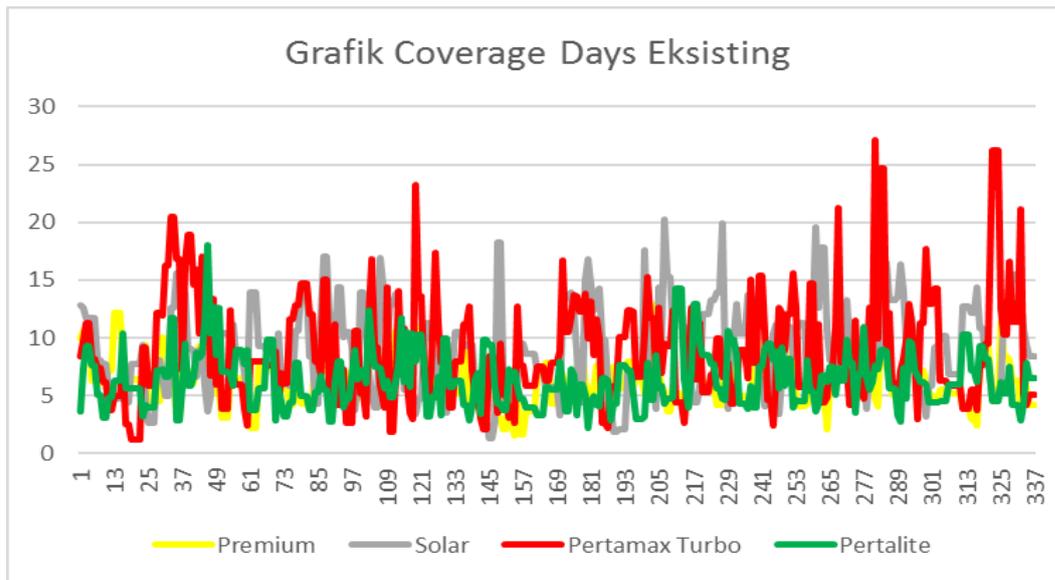
Pada bab ini dilakukan eksperimen dan analisis terhadap beberapa model simulasi yang dibuat. Eksperimen ini dilakukan untuk setiap model skenario yang ada. Kemudian hasil dari simulasi skenario-skenario yang dicoba akan dianalisis. Analisis dilakukan untuk menentukan skenario mana yang merupakan skenario terbaik.

6.1 Eksperimen

Pada subbab ini akan dilakukan uji coba terhadap skenario-skenario alternatif yang telah ditentukan. Skenario yang telah ditentukan yaitu terdiri dari skenario dasar dan skenario kombinasi dari skenario dasar yang ada.

6.1.1 Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting jumlah kapal yang digunakan dalam sistem distribusi eksisting yang meliputi 3 *supply point* dan 1 *demand* tujuan adalah sebanyak 7 kapal. Kapal-kapal ini memiliki kapasitas total dan kompartemen yang berbeda-beda namun kapasitas total setiap kapal masih berada dibawah 4000 kL untuk setiap kapal. Pengiriman pada kondisi eksisting selalu dilakukan secara penuh untuk setiap kapal namun pada pengisian kompartemennya terdapat beberapa kapal yang hanya membawa 1 jenis BBM dan terdapat beberapa kapal pula yang membawa 2 jenis BBM. Rute distribusi untuk setiap kapal yang ada adalah dari *supply point* langsung menuju *demand* tujuan dan dari *demand* menuju *supply point* yang menjadi atribut kapal. Dalam proses distribusi ini tidak terdapat *disruption* seperti *downtime* pada *supply point* namun terdapat kongesti antrian sandar di pelabuhan, selain itu kegiatan seperti *maintenance* kapal pada sistem distribusi ini tidak diperhatikan. Berikut ini adalah grafik *coverage days* kondisi eksisting untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*.



Gambar 6. 1 Grafik *Coverage Days* Kondisi Eksisting

Berdasarkan hasil menjalankan model yang telah dilakukan, dengan 5 replikasi didapatkan hasil bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 94.95% dengan *service level* untuk BBM produk 1 sebesar 94.72%, BBM produk 2 sebesar 96.71%, BBM produk 3 sebesar 92.95% dan BBM produk 4 sebesar 95.42%. Rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 1* adalah sebesar 17.33 jam rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 2* adalah sebesar 8.506 jam, rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 3* adalah sebesar 34.6 jam. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di terminal BBM adalah sebesar 2866 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 di terminal BBM adalah sebesar 6210 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 di terminal BBM adalah sebesar 957 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 di *demand point* adalah sebesar 1750 kL. Rata-rata biaya total yang dibutuhkan dalam kondisi eksisting adalah sebesar USD 7,363,855.

Berdasarkan hasil wawancara dengan pihak perusahaan, urutan jenis BBM yang sering mengalami kelangkaan adalah produk 3, produk 1, produk 4 dan produk 2. Pada hasil simulasi yang ada, urutan tersebut sudah sesuai dengan digambarkan melalui *service level* total untuk masing-masing BBM yang menunjukkan urutan *service level* dari mulai terendah yaitu produk 3, produk 1, produk 4 dan produk 2.

6.1.2 Perancangan Skenario

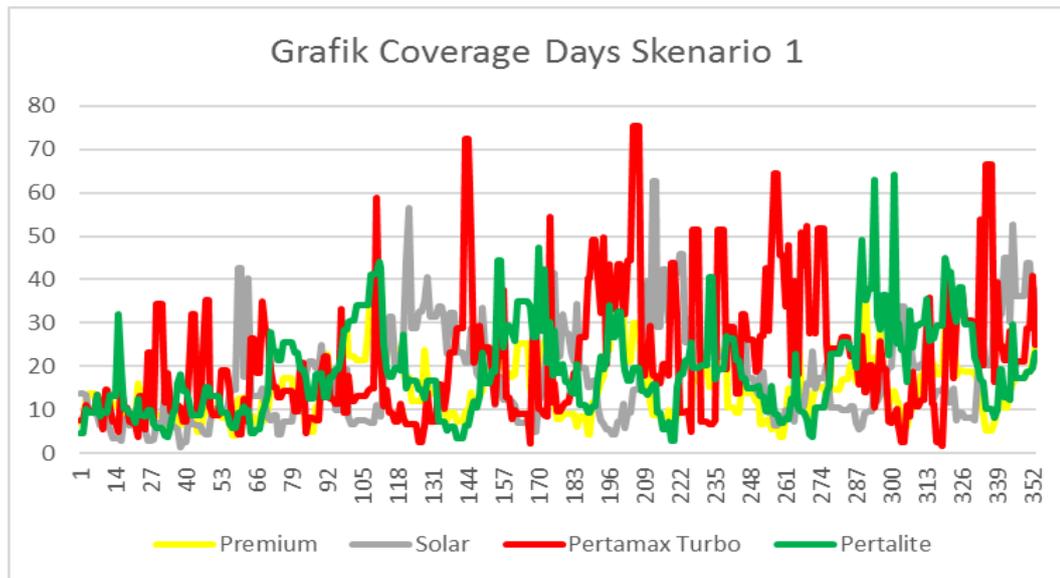
Eksperimen yang akan dilakukan pada model simulasi akan melibatkan beberapa skenario yang akan diuji coba. Skenario-skenario ini terdiri dari skenario dasar dan skenario kombinasi. Skenario dasar terdiri dari 3 skenario dasar yang meliputi skenario *undedicated* kompartemen & rute, perubahan jumlah kapal yang beroperasi dan perubahan kapasitas kapal yang ada. Skenario dasar pertama yang akan dimunculkan adalah skenario *undedicated* rute & kompartemen yang didasari oleh adanya produk yang mencapai level krisis bahkan terjadi *shortage* pada sistem eksisting yang ada. Penugasan kapal pada rute tertentu dan membawa BBM jenis tertentu tentu membawa pengaruh besar pada kondisi sistem eksisting. Apabila suatu kapal dapat dialokasikan pada beberapa rute dan membawa BBM yang berbeda-beda, hal ini tentu mungkin menjadi solusi permasalahan yang ada. Skenario dasar ini kemudian akan dilihat skenario manakah yang terbaik diantara skenario *undedicated route*, *undedicated compartment* dan *undedicated* gabungan keduanya. Setelah itu hasil terbaik akan menjadi *input* bagi skenario kedua yaitu perubahan jumlah kapal yang beroperasi pada sistem eksisting yang ada. Akan dilakukan penambahan dan pengurangan kapal pada sistem eksisting yang ada. Selanjutnya akan diuji coba skenario dasar ketiga yaitu perubahan kapasitas kompartemen yang ada pada kapal-kapal yang beroperasi. Skenario-skenario ini sudah terlebih dahulu didiskusikan dengan pihak perusahaan dan pihak perusahaan sudah menyetujui kemungkinan-kemungkinan ini. Sehingga berdasarkan skenario-skenario dasar tersebut akan dilakukan eksperimen terhadap skenario yaitu sebagai berikut.

- Skenario 1 : Skenario *undedicated route*
- Skenario 2 : Skenario *undedicated compartment*
- Skenario 3 : Skenario *undedicated route & compartment*
- Skenario 4 : Skenario pengurangan kapal P menjadi 2 kondisi eksisting
- Skenario 5 : Skenario pengurangan kapal P menjadi 2 kondisi *undedicated compartment*

6.1.2.1 Skenario *Undedicated Route*

Pada skenario *undedicated route*, akan dilakukan eksperimen perubahan pada rute yang dimiliki oleh kapal pada sistem distribusi eksisting. Hal ini berarti kapal dengan jenis P dan S dapat mendatangi *supply point 1* dan *supply point 2* dikarenakan pada kedua *supply point* tersebut terdapat jenis bahan bakar yang dapat diangkut oleh kapal-kapal tersebut yaitu premium dan solar. Sedangkan kapal dengan jenis BA, WK dan J akan tetap menandatangani *supply point 3* dikarenakan hanya pada *supply point* tersebut bahan bakar yang menjadi atribut ketiga kapal tersebut tersedia. Dengan berubahnya rute pada kapal diharapkan *service level* BBM pada *demand point* dapat meningkat dari sebelumnya yaitu sebesar 94.95% serta diharapkan dapat mengurangi terjadinya level kritis pada sistem distribusi yang ada. Namun perubahan rute kapal ini juga mungkin berpengaruh pada *coverage days of demand & service level* perusahaan dikarenakan *leadtime* yang berubah dan jarak tempuh dari *demand point* pada *supply point* yang berubah.

Berdasarkan hasil menjalankan *software* simulasi diskrit yang digunakan untuk perubahan rute kapal dari keadaan sebelumnya, dengan 5 replikasi didapatkan hasil bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 99.15% dengan *service level* untuk BBM produk 1 sebesar 99.89%, BBM produk 2 sebesar 98.63%, BBM produk 3 sebesar 99.01% dan BBM produk 4 sebesar 99.07%. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di *demand point* adalah sebesar 7527 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 9500 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 1413 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 3274 kL. Rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 1* adalah 18.2 jam rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 2* adalah 9.001 jam, rata-rata *leadtime* dari *demand point* menuju *supply point 3* adalah 33.63 jam. Biaya total yang diperlukan dalam skenario ini adalah sebesar USD 7,416,905. Berikut ini adalah grafik *coverage days* skenario 1 untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*.



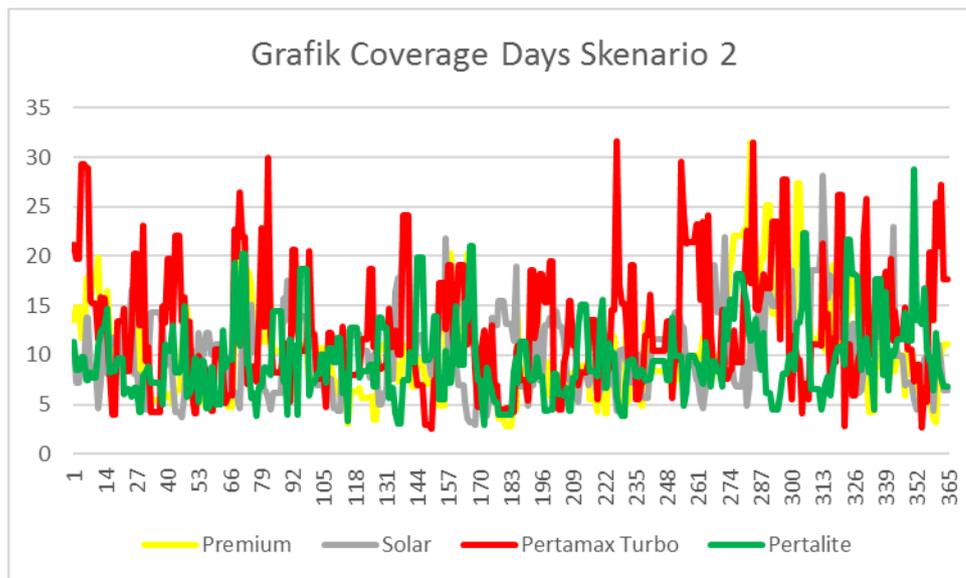
Gambar 6. 2 Grafik *Coverage Days* Skenario 1

6.1.2.2 Skenario *Undedicated Compartment*

Pada skenario *undedicated compartment*, akan dilakukan eksperimen untuk mengetahui perubahan parameter-parameter yang ada pada sistem distribusi eksisting dengan dilakukannya perubahan pada penugasan kompartemen yang dimiliki oleh kapal pada sistem distribusi eksisting. Hal ini berarti setiap kompartemen yang ada dibebaskan untuk membawa BBM dengan jenis yang tersedia pada *supply point* atau rute yang menjadi atribut kapal. Hal ini menandakan bahwa kapal P dan S dapat membawa bahan bakar produk 1 atau produk 2. Sedangkan kapal dengan jenis BA, WK dan J dapat membawa BBM dengan jenis apapun sesuai dengan kebutuhan dari *demand point*. Hal ini dapat terjadi dikarenakan *supply point* dari ketiga kapal tersebut memiliki seluruh jenis BBM yang dibutuhkan oleh *demand point* pada sistem distribusi ini. Dengan adanya perubahan pada penugasan kompartemen kapal diharapkan *service level* setiap jenis BBM pada *demand point* dapat meningkat dari kondisi eksisting serta diharapkan dapat mengurangi terjadinya level kritis pada sistem distribusi yang ada.

Berdasarkan hasil menjalankan *software* simulasi diskrit yang digunakan untuk perubahan penugasan kompartemen kapal dari keadaan sebelumnya, dengan 5 replikasi didapatkan hasil bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 99.51% dengan *service level* untuk BBM produk 1 sebesar 99.67%, BBM

produk 2 sebesar 99.78%, BBM produk 3 sebesar 99.07% dan BBM produk 4 sebesar 99.51%. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di *demand point* adalah sebesar 7763 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 9951 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 1571 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 3396 kL. Rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 1* adalah sebesar 18.49 jam rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 2* adalah sebesar 8.71 jam, rata-rata *leadtime* dari *demand point* menuju *supply point 3* adalah 33.25 jam. Biaya total yang diperlukan dalam skenario ini adalah sebesar USD 7,548,873. Berikut ini adalah grafik *coverage days* skenario 2 untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*.



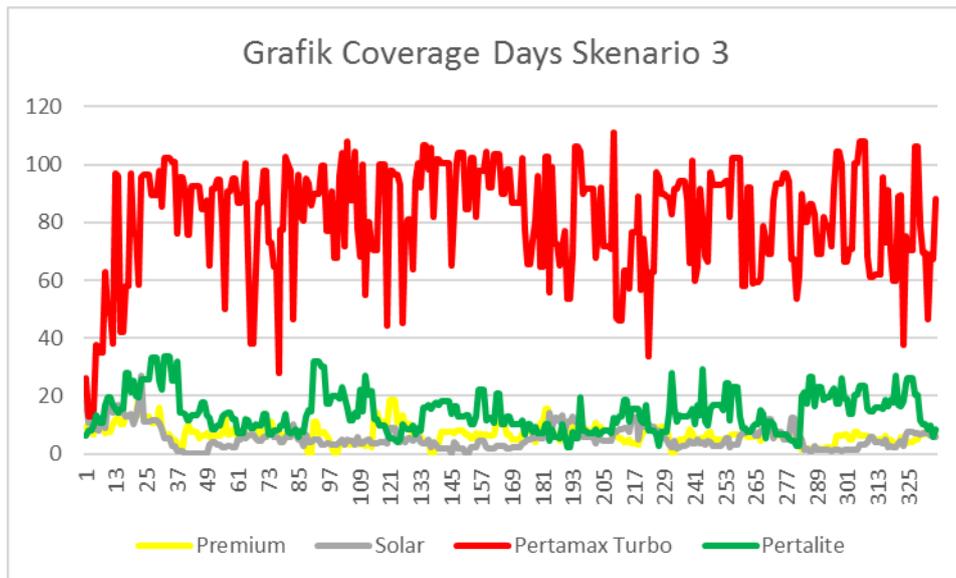
Gambar 6. 3 Grafik *Coverage Days* Skenario 2

6.1.2.3 Skenario *Undedicated Route & Compartment*

Pada skenario gabungan antara *undedicated compartment* dan *undedicated route*, akan dilakukan eksperimen untuk mengetahui perubahan parameter-parameter yang ada pada sistem distribusi eksisting dengan dilakukannya perubahan pada penugasan kompartemen yang dimiliki oleh kapal serta penugasan rute yang menjadi atribut kapal pada sistem distribusi eksisting. Hal ini berarti setiap kompartemen yang ada dibebaskan untuk membawa BBM dengan jenis yang

tersedia pada *supply point* yang ada dan dibebaskan untuk mengunjungi *supply point* manapun. Hal menandakan bahwa setiap kompartemen yang ada dibebaskan untuk membawa BBM dengan jenis yang tersedia pada setiap *supply point* dan dibebaskan untuk menuju *supply point* manapun yang ada pada sistem distribusi eksisting. Dengan adanya perubahan pada penugasan kompartemen dan rute kapal yang ada diharapkan *service level* setiap jenis BBM pada *demand point* dapat meningkat dari kondisi eksisting serta diharapkan dapat mengurangi terjadinya level kritis pada sistem distribusi yang ada.

Berdasarkan hasil menjalankan *software* simulasi diskrit yang digunakan untuk perubahan rute dan penugasan kompartemen kapal dari keadaan sebelumnya, dengan 5 replikasi didapatkan hasil bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 95.23% dengan *service level* untuk BBM produk 1 sebesar 92.38%, BBM produk 2 sebesar 89.87%, BBM produk 3 sebesar 98.85% dan BBM produk 4 sebesar 99.81%. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di *demand point* sebesar 4325 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 4548 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 9716 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 3235 kL. Rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 1* sebesar 15.43 jam rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 2* sebesar 8.3 jam, rata-rata *leadtime* dari *demand point* menuju *supply point 3* adalah 34.32 jam. Biaya total yang diperlukan dalam skenario ini adalah sebesar USD 7,270,835. Berikut ini adalah grafik *coverage days* untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*.



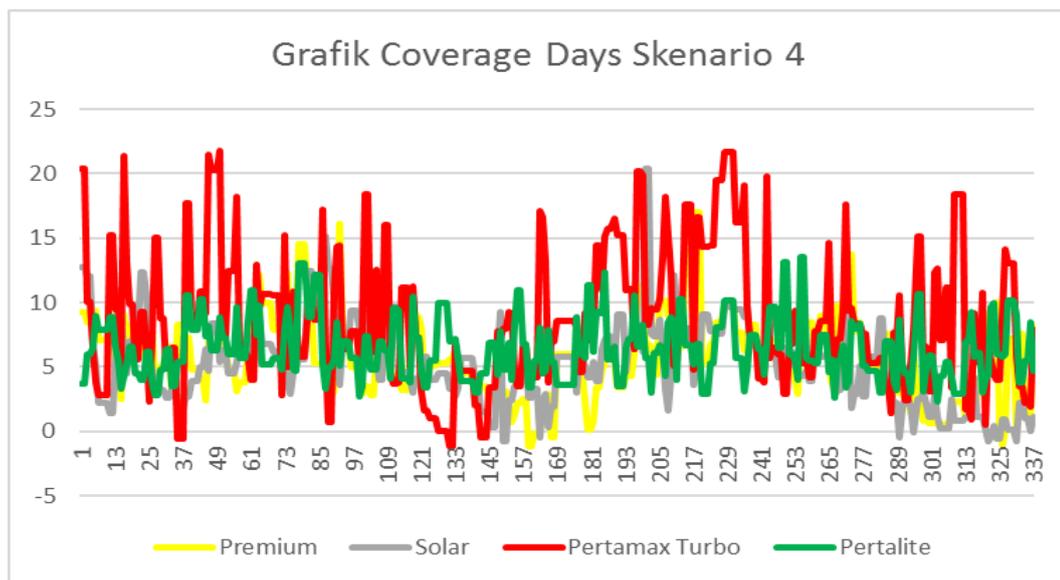
Gambar 6. 4 Grafik *Coverage Days* Skenario 3

6.1.2.4 Skenario Pengurangan Kapal P Menjadi 2 Kondisi Eksisting

Pada skenario ini akan dilakukan eksperimen untuk mengetahui perubahan parameter-parameter yang ada pada sistem distribusi eksisting dengan dilakukannya perubahan pada jumlah kapal patra yang ada menjadi 2. Hal ini berarti jumlah kapal patra yang semula ada 3 akan diuji coba seberapa besar perubahan parameter yang ada pada sistem apabila jumlahnya menjadi dua. Perubahan ini didasari oleh biaya sewa kapal patra merupakan yang paling mahal jika dibandingkan dengan kapal-kapal lainnya, sehingga diharapkan dengan dikurangnya jumlah kapal P ini, perusahaan dapat menghemat sejumlah pengeluaran yang akan menjadi keuntungan bagi perusahaan.

Berdasarkan hasil menjalankan *software* simulasi diskrit yang digunakan untuk perubahan jumlah kapal P menjadi 2 dari keadaan eksisting, dengan 5 replikasi didapatkan hasil bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 90.59% dengan *service level* untuk BBM produk 1 sebesar 92.19%, BBM produk 2 sebesar 86.27%, BBM produk 3 sebesar 91.51% dan BBM produk 4 sebesar 92.37%. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di *demand point* sebesar 2124 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 3720 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 1024 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 1829 kL. Rata-rata

leadtime perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 1* adalah sebesar 17.83 jam rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 2* adalah sebesar 8.31 jam, rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 3* adalah sebesar 33.13 jam. Biaya total yang diperlukan dalam skenario ini adalah sebesar USD 6,272,456. Berikut ini adalah grafik *coverage days* skenario 4 untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*.



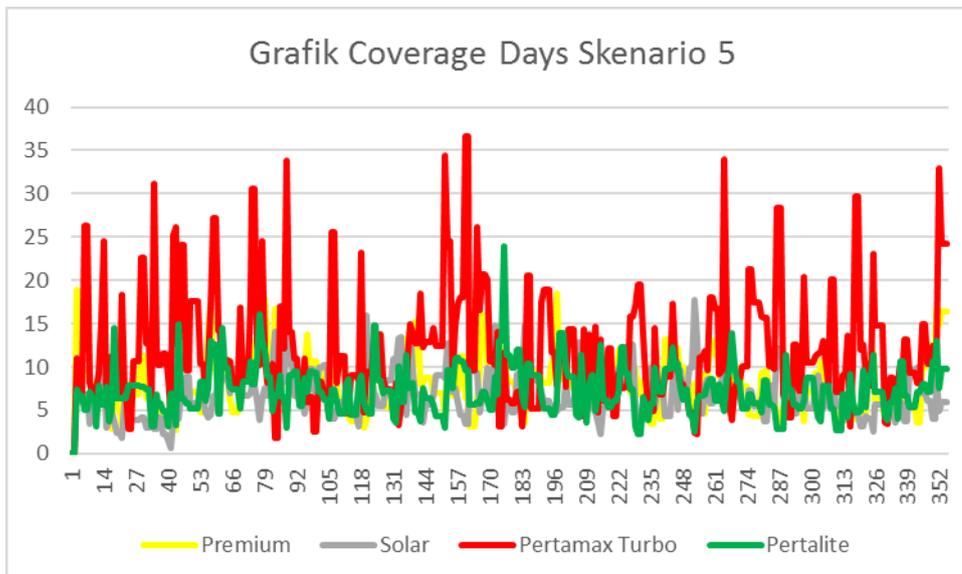
Gambar 6. 5 Grafik *Coverage Days* Skenario 4

6.1.2.5 Skenario Pengurangan Kapal Patra Menjadi 2 Kondisi *Undedicated Compartment*

Pada skenario ini akan dilakukan eksperimen untuk mengetahui perubahan parameter-parameter yang ada pada sistem distribusi eksisting dengan dilakukannya perubahan pada jumlah kapal P yang ada menjadi 2. Hal ini berarti jumlah kapal P yang semula ada 3 akan diuji coba seberapa besar perubahan parameter yang ada pada sistem apabila jumlahnya menjadi dua. Selain itu pada skenario ini, akan dilakukan eksperimen aturan kapal dengan aturan *undedicated compartment* dimana setiap kapal bebas mengangkut BBM jenis apapun yang terdapat pada *supply point* yang menjadi atribut rute kapal tersebut. Perubahan ini didasari oleh biaya sewa kapal P merupakan yang paling mahal jika dibandingkan dengan kapal-kapal lainnya, sehingga diharapkan dengan dikurangnya jumlah

kapal patra ini, perusahaan dapat menghemat sejumlah pengeluaran yang akan menjadi keuntungan bagi perusahaan. Selain itu hal ini dikarenakan performansi skenario *undedicated compartment* yang jauh lebih baik dibandingkan dengan 2 skenario *undedicated* yang lain.

Berdasarkan hasil menjalankan *software* simulasi diskrit yang digunakan untuk perubahan jumlah kapal P menjadi 2 dari keadaan eksisting, didapatkan hasil bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 98.90% dengan *service level* untuk BBM dengan jenis produk 1 sebesar 99.03%, produk 2 sebesar 98.99%, BBM produk 3 sebesar 98.45% dan BBM produk 4 sebesar 99.13%. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di *demand point* sebesar 5075 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 5444 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 1261 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 2663 kL. Rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 1* sebesar 17.91 jam rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 2* sebesar 8.82 jam, rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 3* adalah sebesar 33.59 jam. Biaya total yang diperlukan dalam skenario ini adalah sebesar USD 6,271,359. Berikut ini adalah grafik *coverage days* skenario 5 untuk setiap jenis BBM yang ada di *demand point*.



Gambar 6. 6 Grafik *Coverage Days* Skenario 5

6.1.2 Pemilihan Skenario Terbaik

Berdasarkan beberapa eksperimen terhadap skenario yang ada, akan dilakukan pemilihan skenario terhadap *performance measurement* atau parameter yang telah ditentukan oleh perusahaan. Namun sebelum itu akan dilakukan perbandingan skenario-skenario yang ada dengan menggunakan metode *one-way ANOVA*. Uji skenario digunakan untuk melihat apakah ada perbedaan antara kondisi eksisting simulasi dengan skenario yang telah dikembangkan. Uji skenario yang akan dilakukan akan menguji parameter yaitu *service level* dari BBM produk 1. Berikut ini adalah uji perbandingan skenario dengan metode *one-way ANOVA*.

$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_k$ untuk K alternative system

$H_1 : \mu_i \neq \mu_j$ untuk minimal satu $i \neq j$

Pada hasil uji dengan ANOVA terlihat bahwa H_0 ditolak yang membuktikan bahwa terdapat satu atau lebih skenario yang berbeda dengan eksisting dalam hal *service level*. Selanjutnya akan dilakukan pemilihan skenario dengan parameter yang ditentukan perusahaan. Parameter-parameter yang digunakan dalam perusahaan adalah *service level* dan biaya distribusi. *Trade off* antara *service level* dengan biaya sudah merupakan hal yang lazim dalam logistik apalagi jika *level inventory* yang ada bergantung pada *supply & demand* yang tidak pasti. Pada umumnya *level inventory* yang tinggi akan menyebabkan biaya yang tinggi dan begitu juga sebaliknya. Dalam suatu sistem distribusi, pada umumnya akan terlihat hubungan yang kuat serta *trade off* antara *service level* dan biaya yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan. Pada skenario yang diuji, umumnya jika biaya logistik dinaikkan, maka akan berpengaruh pada naiknya *service level* perusahaan. Namun dalam penelitian ini, akan diusahakan bagaimana memilih skenario dengan *service level* yang tinggi namun biaya yang ekonomis bagi perusahaan (Frota Neto, et al., 2008). Pada perusahaan penentuan parameter terpenting hanya berdasarkan penilaian subyektif pegawai perusahaan sehingga perlu adanya metode dalam menentukan bobot kriteria parameter terpenting. Metode yang akan digunakan adalah metode *Entropy* dalam *multi criteria decision making*.

Metode *Entropy* adalah metode untuk menentukan bobot suatu kriteria dan menaksir preferensi dari suatu bobot kriteria (Rubinstein, et al., 2004). Kelebihan

metode entropy adalah metode entropy menggunakan pendekatan subyektif dan obyektif sehingga menghasilkan bobot kriteria berdasarkan karakteristik data sekaligus dapat mengakomodasi preferensi subyektif dari pengambil keputusan. Pada penelitian ini yang akan di plot adalah parameter *service level* total dibandingkan dengan biaya yang harus dikeluarkan oleh perusahaan serta bobot alternatif dan kriteria dengan skala likert. Berikut ini adalah tabel bobot alternatif skenario serta parameternya.

Tabel 6. 1 Bobot Parameter Berdasarkan Wawancara

No	Parameter	Kode	Kategori	Bobot
1	Service Level Produk 1	K1	Benefit	0.15
2	Service Level Produk 2	K2	Benefit	0.15
3	Service Level Produk 3	K3	Benefit	0.15
4	Service Level Produk 4	K4	Benefit	0.15
5	Service Level Total	K5	Benefit	0.1
6	Biaya Distribusi	K6	Cost	0.3
Total				1

Tabel 6. 2 Bobot Skenario Berdasarkan Perbandingan dengan Kondisi Eksisting

Skenario	Parameter					
	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Kategori	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Benefit	Cost
S1	5	5	5	5	5	3
S2	5	5	5	5	5	3
S3	2	1	5	5	3	4
S4	2	1	2	2	2	5
S5	5	5	4	5	5	5

Dalam perhitungan bobot dengan metode Entropy, terdapat lima langkah utama yaitu penentuan kriteria, pembuatan matriks kriteria, normalisasi bobot kriteria, pengukuran Entropy dan perhitungan Entropy (Diakoulaki, et al., 1995). Berikut ini adalah detail langkah-langkah metode Entropy dalam penelitian ini.

- Penentuan Kriteria/Parameter: Menentukan kriteria yang digunakan, bobot awal kriteria serta bobot awal skenario. Penentuan kriteria dan bobot awal kriteria menggunakan dasar informasi yang didapatkan dari wawancara dengan pihak perusahaan. Sedangkan bobot setiap skenario merupakan perbandingan antara nilai skenario untuk setiap kriteria dengan kondisi eksisting.
- Pembuatan Matriks: Kemudian akan dibuat matriks bobot awal kriteria yang akan menunjukkan nilai maksimum dan minimum untuk setiap kriteria/parameter yang ada.
- Normalisasi Bobot Kriteria/Parameter: Normalisasi ini dilakukan terhadap bobot yang ditentukan sebelumnya. Normalisasi ini dilakukan dengan cara perbandingan nilai setiap skenario dengan nilai maksimum & minimumnya. Untuk kriteria dengan kategori *benefit*, maka perbandingan dilakukan dengan nilai maksimum setiap kriteria dan sebaliknya untuk kategori *cost*.

$$\text{Nilai Kategori Benefit: } C_{ij} = \frac{b_{ij}}{b_{ij \max}} \quad (6.1)$$

$$\text{Nilai Kategori Cost: } C_{ij} = \frac{b_{ij}}{b_{ij \min}} \quad (6.2)$$

I = Skenario

J = Kriteria

- Pengukuran Entropy: Pengukuran entropy dilakukan dengan mengukur nilai probabilitas untuk setiap kriteria dan nilai entropy setiap kriteria yang ada.

$$P_{ij} = \frac{C_{ij}}{\sum_{j=1}^9 C_{ij}} \quad (6.3)$$

$$E_{ij} = \frac{1}{\ln(n)} \sum_{j=1}^9 P_{ij} \times \ln(P_{ij}) \quad (6.4)$$

P_{ij} = Nilai probabilitas setiap kriteria

E_{ij} = Nilai entropy setiap kriteria

- Perhitungan Entropy: Nilai entropy pada langkah sebelumnya akan menjadi *input* dalam perhitungan nilai lambda yang kemudian nilai lambda ini akan dikalikan dengan bobot awal sehingga diperoleh nilai setiap kriteria

$$L_i = \frac{1}{n - \sum_{j=1}^{11} E_i} (1 - E_i) \quad (6.5)$$

$$WE_i = \frac{L_i \times W_i}{\sum_{j=1}^{11} L_i \times W_i} \quad (6.6)$$

L_i = Nilai lambda setiap kriteria

W_i = Bobot awal setiap kriteria

Dari perhitungan dengan metode Entropy diperoleh bahwa kriteria/parameter 6 merupakan parameter yang paling penting. Berikut ini adalah tabel yang akan hasil pembobotan kriteria.

Tabel 6. 3 Bobot Akhir Setiap Kriteria dengan Metode Entropy

Bobot dengan Metode Entropy		
Parameter	Bobot	Rank
K1	0.092479	4
K2	0.204732	2
K3	0.063152	5
K4	0.101607	3
K5	0.042586	6
K6	0.495443	1

Dari nilai bobot tersebut akan dikalikan dengan nilai bobot skenario yang ada pada tabel 6.4 sehingga didapatkan nilai skenario yang terbaik berdasarkan parameter-parameter yang ditentukan oleh perusahaan. Berikut ini adalah tabel yang akan menunjukkan nilai untuk setiap skenario yang ada dan skenario terbaik berdasarkan pembobotan dengan metode entropy.

Tabel 6. 4 Pemilihan Skenario Terbaik dengan Metode Entropy

Skenario	Parameter						Total
	K1	K2	K3	K4	K5	K6	
S1	0.462396	1.023661207	0.31576	0.508037	0.21293	1.486329	4.009114
S2	0.462396	1.023661207	0.31576	0.508037	0.21293	1.486329	4.009114
S3	0.184958	0.204732241	0.31576	0.508037	0.127758	1.981772	3.323018
S4	0.184958	0.204732241	0.126304	0.203215	0.085172	2.477215	3.281597
S5	0.462396	1.023661207	0.252608	0.508037	0.21293	2.477215	4.936848

Berdasarkan tabel tersebut diketahui bahwa skenario 5 merupakan skenario terbaik dengan pertimbangan pembobotan metode entropy terhadap 6 parameter yang ada.

6.2 Analisis Skenario

Pada subbab ini akan dilakukan analisis model simulasi yang dibuat berdasarkan eksperimen yang sudah dilakukan. Analisis ini akan meliputi analisis kondisi eksisting, analisis skenario dasar, analisis skenario kombinasi dan analisis skenario terpilih.

6.2.1 Analisis Kondisi Eksisting

Pada kondisi eksisting sistem distribusi yang ada, prosedur atau aturan yang diterapkan oleh perusahaan adalah bahwa setiap kapal yang ada membawa jenis BBM dan jenis rute tertentu yang telah ditetapkan perusahaan. Performansi sistem distribusi eksisting yang ada dapat dikatakan cukup. Hal ini dapat terlihat dari salah satu indikator yaitu *service level* setiap stok yang ada pada terminal BBM. Pengukuran *service level* pada perusahaan menggunakan indikator *coverage days of demand* (CDD) yang rumusnya dapat dilihat pada rumus 5.5. Apabila *coverage days of demand* menyentuh angka 3, maka telah terjadi kondisi kritis yang akan menurunkan *service level* perusahaan. Indikator *service level* untuk setiap BBM pada kondisi eksisting memang menunjukkan angka yang cukup baik namun masih terjadi beberapa kali kondisi kritis. Pada BBM produk 1 *service levelnya* adalah sebesar 94.72%, produk 2 sebesar 96.71%, produk 3 sebesar 92.95% dan produk 4 sebesar 95.42%. Namun pada kenyataannya di lapangan, selain terjadi kondisi kritis, beberapa kali salah satu jenis BBM mengalami kondisi *shortage* atau *stockout*. Padahal kejadian ini sangat dihindari oleh perusahaan dan diharapkan tidak pernah terjadi.

Dalam mengatasi kondisi ini, perusahaan telah melakukan beberapa langkah-langkah mitigasi seperti mempercepat kapal dari *supply point* menuju *demand point*, menahan penyaluran stok BBM dengan mobil tangki dan mengambil BBM dari salah satu *supply point* dengan menggunakan mobil tangki. Namun kondisi ini bertolak belakang dengan rata-rata *stock on hand* masing-masing BBM yaitu *stock on hand* produk 1 sebesar 2866 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 6210 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 957 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 1750 kL yang seluruhnya masing berada diatas *daily of*

take (DOT) masing-masing jenis BBM. Hal ini menandakan sebenarnya *stock* setiap jenis BBM mampu untuk melayani permintaan yang ada sehingga kejadian *shortage* yang ada mungkin disebabkan oleh penyaluran BBM yang kurang lancar. Hal ini dapat diakibatkan oleh salah satunya *leadtime* perjalanan kapal. Berdasarkan hasil menjalankan model simulasi pada *software* simulasi diskrit, diketahui bahwa rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 1* sebesar 17.33 jam rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 2* sebesar 8.506 jam, rata-rata *leadtime* perjalanan dari *demand point* menuju *supply point 3* sebesar 34.6 jam. Selain *leadtime*, salah satu faktor yang berpengaruh adalah durasi *pretime*, *loading/unloading* dan *posttime* kapal di dermaga baik *supply point* maupun terminal BBM. Selain itu adanya kemungkinan kongesti juga dapat berpengaruh pada lamanya kapal dari sejak di *demand point* hingga kembali lagi ke *demand point*.

Nilai biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan dalam melakukan pengiriman dengan kapal selama satu tahun adalah sebesar USD 7,363,855. Biaya ini hanya mempertimbangkan *sailing cost* yang didapatkan dari biaya bahan bakar, konsumsi bahan bakar kapal serta durasi perjalanan kapal dan *charter cost* kapal yang menggunakan sistem penyewaan *time charter* dengan harga sewa per hari yang telah ditentukan.

6.2.2 Analisis Skenario Undedicated Route

Pada kondisi eksisting sistem distribusi yang ada, prosedur atau aturan yang diterapkan oleh perusahaan adalah bahwa setiap kapal yang ada membawa jenis BBM & rute tertentu yang telah ditetapkan perusahaan namun pada skenario ini rute kapal yang ada diubah berdasarkan jenis BBM yang paling kritis di *demand point* & *supply point*. Selain itu penentuan tujuan ini akan mempertimbangkan *coverage days of supply* (CDS) pada *supply point* yang ada. rumus *coverage days of supply* (CDS) yang digunakan adalah sebagai berikut.

$$CDS = \frac{Kapasitas\ Storage_{jp} - (Inventory_{jp} - Inventory\ in\ Transit_{ijp})}{Production\ Rate_{jp} \times Leadtime_{ij}} \quad \forall j, p \quad (6.1)$$

Dengan :

I : *Demand Point* (Pelabuhan Bongkar)

J : *Supply Point* (Pelabuhan Muat)

P : Jenis BBM

Dengan rumus ini maka akan diurutkan urutan kekritisan untuk setiap jenis BBM pada setiap *supply point* yang ada dan urutan inilah yang akan menjadi acuan kemana kapal akan menuju. Dengan menjalankan 5 replikasi, pada eksperimen skenario kondisi *undedicated route* diketahui bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 99.07% dengan *service level* untuk produk 1 sebesar 99.89%, produk 2 sebesar 98.63%, produk 3 sebesar 99.01% dan produk 4 sebesar 99.07%. Hal ini meningkat cukup baik jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Sedangkan untuk rata-rata *stock on hand* produk 1 sebesar 13473 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 21824 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 2398 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 8084 kL. Dari keempat BBM tersebut, seluruhnya mengalami kenaikan *stock on hand* jika dibandingkan dengan kondisi eksisting yang ada. Hal ini menandakan bahwa tingkat ketersediaan BBM pada skenario ini meningkat lebih baik jika dibandingkan kondisi eksisting yang ada.

Nilai biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan dalam melakukan pengiriman dengan kapal selama satu tahun dengan menggunakan skenario ini adalah sebesar USD 7,426,905. Biaya ini sedikit lebih mahal jika dibandingkan dengan kondisi eksisting yang ada. Perbedaan yang tidak terlalu jauh ini disebabkan oleh jumlah kapal yang digunakan masih sama dengan kondisi sebelumnya sehingga pengaruh pada biaya yang mungkin terjadi hanya pada *sailing cost* untuk seluruh kapal yang ada.

6.2.3 Analisis Skenario *Undedicated Compartment*

Pada kondisi eksisting sistem distribusi yang ada, prosedur atau aturan yang diterapkan oleh perusahaan adalah bahwa setiap kapal yang ada membawa jenis BBM & rute tertentu yang telah ditetapkan perusahaan namun pada skenario ini penugasan kompartemen kapal yang ada akan diubah berdasarkan jenis BBM yang paling kritis di *demand point*. Penentuan penugasan kompartemen kapal yang ada akan mempertimbangkan tingkat kekritisan dari masing-masing BBM yang ada pada terminal BBM dengan acuan dasar nilai *coverage days of demand* (CDD).

Untuk perhitungan rumus CDD ini sendiri, dapat menggunakan rumus 5.5 yang ada pada bab sebelumnya. Apabila suatu BBM memiliki nilai CDD yang paling kritis maka akan otomatis BBM tersebut akan dibawa pada setiap kompartemen kapal yang tersedia di *demand point*. Apabila BBM tersebut tidak paling kritis namun berada pada level pengiriman, maka akan dipasangkan dengan BBM jenis lainnya yang memiliki nilai CDD paling rendah.

Pada eksperimen skenario *undedicated compartment*, diketahui bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 99.51% dengan *service level* untuk BBM produk 1 sebesar 99.67%, BBM produk 2 sebesar 99.78%, BBM produk 3 sebesar 99.07% dan BBM produk 4 sebesar 99.51%. Dari hal ini dapat diketahui bahwa terjadi penurunan drastis pada skenario ini jika dibandingkan dengan kondisi eksisting. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di *demand point* sebesar 2807 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 2190 kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 10077 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 708 kL. Dari keempat BBM tersebut, seluruhnya mengalami kenaikan *service level* jika dibandingkan dengan kondisi eksisting yang ada. Hal ini menandakan bahwa tingkat ketersediaan dan penyaluran BBM pada skenario ini meningkat lebih baik jika dibandingkan kondisi eksisting yang ada.

Nilai biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan dalam melakukan pengiriman dengan kapal selama satu tahun dengan menggunakan skenario ini adalah sebesar USD 7,548,873. Biaya ini jika dibandingkan dengan kondisi eksisting sedikit lebih mahal. Hal ini disebabkan oleh jumlah kapal yang digunakan masih sama dengan kondisi sebelumnya sehingga pengaruh pada biaya yang mungkin terjadi hanya pada *sailing cost* untuk seluruh kapal yang ada.

6.2.4 Analisis Skenario *Undedicated Route & Compartment*

Pada kondisi eksisting sistem distribusi yang ada, prosedur atau aturan yang diterapkan oleh perusahaan adalah bahwa setiap kapal yang ada membawa jenis BBM & rute tertentu yang telah ditetapkan perusahaan namun pada skenario ini penugasan kompartemen kapal yang ada akan diubah berdasarkan jenis BBM yang paling kritis di *demand point* dan rute kapal akan ditentukan berdasarkan CDS dari

supply point yang paling kritis. Perhitungan untuk nilai CDS sendiri dapat menggunakan rumus 6.1. Apabila salah satu BBM di salah satu *supply point* memiliki nilai CDS yang kritis, maka *supply point* tersebut akan di prioritaskan untuk menjadi tujuan berikutnya. Sedangkan penentuan penugasan kompartemen kapal yang ada akan mempertimbangkan tingkat kekritisannya dari masing-masing BBM yang ada pada terminal BBM dengan acuan dasar nilai *coverage days of demand* (CDD). Untuk perhitungan rumus CDD ini sendiri, dapat menggunakan rumus 5.5. Apabila suatu BBM memiliki nilai CDD yang paling kritis maka akan otomatis BBM tersebut akan dibawa pada setiap kompartemen kapal yang tersedia di *demand point*. Apabila BBM tersebut tidak paling kritis namun berada pada level pengiriman, maka akan dipasangkan dengan BBM jenis lainnya yang memiliki nilai CDD paling rendah.

Pada eksperimen skenario gabungan *undedicated compartment & route*, diketahui bahwa *service level* total yang ada di *demand point* adalah 95.23% dengan *service level* untuk BBM produk 1 sebesar 92.38%, BBM produk 2 sebesar 89.87%, BBM produk 3 sebesar 98.85% dan BBM produk 4 sebesar 99.81%. Hal ini memang sedikit lebih baik jika dibandingkan dengan *service level* kondisi eksisting, namun apabila dibandingkan dengan skenario *undedicated route & compartment* yang ada maka dapat dikatakan bahwa performa skenario 3 dalam hal *service level* lebih buruk. Rata-rata *stock on hand* produk 1 di *demand point* adalah sebesar 961 kL, rata-rata *stock on hand* produk 2 sebesar 1061kL, rata-rata *stock on hand* produk 3 sebesar 10318 kL, rata-rata *stock on hand* produk 4 sebesar 1695 kL. Hal ini sangat menurun jika dibandingkan dengan kondisi eksisting yang sudah ada pada sistem distribusi yang ada.

Nilai biaya yang harus ditanggung oleh perusahaan dalam melakukan pengiriman dengan kapal selama satu tahun dengan menggunakan skenario ini adalah sebesar USD 7,270,835. Apabila dibandingkan dengan biaya perusahaan pada sistem distribusi eksisting maka dapat dikatakan bahwa biaya skenario ini lebih murah. Namun *trade-off* yang diberikan dalam skenario ini tidak terlalu besar, bahkan *service level* yang diharapkan naik dengan signifikan tidak menunjukkan hal tersebut pada skenario ini.

6.2.5 Analisis Skenario Perubahan Jumlah dan Kapasitas Kapal

Skenario perubahan jumlah kapal dilakukan berdasarkan terdapat perbedaan antara *service level* antara beberapa jenis BBM yang ada di terminal BBM. Terdapat kemungkinan kesalahan alokasi kapal pada BBM jenis tertentu sehingga perbedaan *service level* sangat terlihat. Pada sistem distribusi ini, hipotesis yang muncul adalah adanya alokasi yang tidak benar pada kapal dalam membawa suatu bahan bakar minyak. Sebagai contoh salah satu jenis BBM yaitu produk 2, terdapat 3 kapal yang membawanya dengan 6 kompartemen yang tersedia untuk seluruh kapal. Sedangkan BBM produk 3 hanya dibawa pada salah satu kompartemen kapal yang ada pada sistem distribusi eksisting. Setiap skenario yang diuji coba terhadap kapal-kapal yang ada selalu mempertimbangkan alat ukur utama dalam sistem distribusi ini yaitu *service level* dan biaya total pengiriman.

Berdasarkan parameter-parameter tersebut, maka dapat diketahui skenario-skenario mana sajakah yang memiliki performa baik. Dari tabel tersebut terlihat bahwa dari performansi *service level* total, skenario 7 memiliki performansi yang paling baik. Namun pada *service level* BBM produk 1, skenario 7 & 9 paling baik diantara seluruhnya. Sedangkan pada *service level* BBM jenis produk 2, skenario 7 & 9 juga yang paling baik diantara seluruhnya. Pada *service level* BBM produk 3 dan *service level* BBM produk 4, skenario 9 merupakan skenario terbaik. Pada biaya total dalam satu tahun yang perlu dikeluarkan oleh perusahaan, skenario 5 merupakan skenario paling baik karena memiliki biaya yang paling efisien jika dibandingkan dengan skenario-skenario lainnya. Selain parameter-parameter tersebut, terdapat pula parameter seperti *stock on hand* untuk setiap jenis BBM yang ada yang dapat digunakan sebagai salah satu parameter pengukuran.

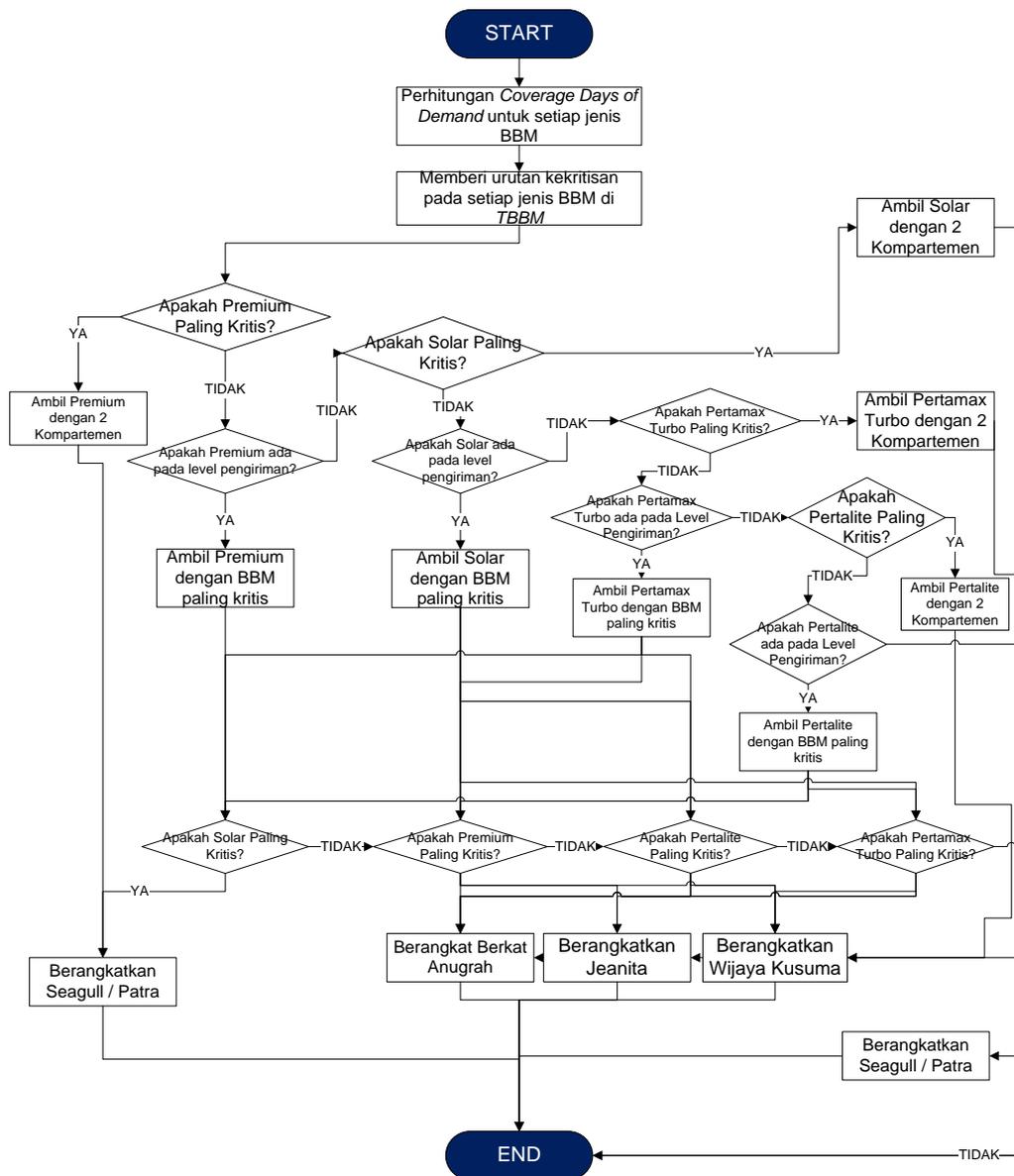
6.2.6 Analisis Skenario Terpilih

Berdasarkan beberapa eksperimen terhadap skenario yang ada, akan dilakukan pemilihan skenario terhadap *performance measurement* atau parameter yang telah ditentukan oleh perusahaan. Sebelum dilakukan pemilihan akan dilakukan pembobotan dengan metode entropy terhadap setiap parameter yang ada

berdasarkan bobot awal parameter yang diberikan perusahaan. Selain itu skenario akan dibobotkan dengan skala likert melalui perbandingan berpasangan dengan kondisi eksisting yang ada.

Secara keseluruhan, dengan pembobotan metode entropy diketahui bahwa kriteria 6 atau biaya distribusi merupakan parameter yang paling penting dalam sistem distribusi ini. Hal ini juga sesuai dengan kebijakan efisiensi perusahaan yang ingin menekan biaya distribusi sekecil mungkin namun tetap dapat beroperasi secara maksimal. Sedangkan berdasarkan perkalian antara bobot skenario dengan bobot parameter yang ada diketahui bahwa skenario 5 merupakan skenario terbaik.

Skenario 5 merupakan skenario pengurangan kapal P menjadi 2 dengan kondisi *Undedicated compartment*. Kapal jenis P ini dirasa kurang efisien dalam sistem distribusi ini karena hanya membawa produk 2 saja dan terdapat 3 kapal dengan jenis ini yang beroperasi pada sistem distribusi eksisting. Selain itu biaya sewa kapal patra merupakan yang paling mahal jika dibandingkan dengan kapal-kapal lainnya, sehingga diharapkan dengan dikurangnya jumlah kapal P ini, perusahaan dapat menghemat sejumlah pengeluaran yang akan menjadi keuntungan bagi perusahaan. Sedangkan *undedicated compartment* yang diterapkan adalah aturan kapal dimana setiap kapal bebas mengambil BBM jenis apapun yang ada pada *supply point* yang menjadi atributnya. Atribut *supply point* menandakan kapal tersebut akan berlayar menuju *supply point* yang menjadi tujuannya. Dalam penentuan jenis BBM yang akan dimuat, akan dijalankan prosedur pengiriman sehingga akan memudahkan apabila mengaplikasikan aturan *undedicated compartment* ini. Berikut ini adalah prosedur untuk aturan *undedicated compartment*.



Gambar 6. 7 Prosedur Aturan *Undedicated Compartment*

Berdasarkan prosedur dalam model konseptual tersebut maka pihak perusahaan dapat menjalankan skenario perbaikan berdasarkan alur logika model konseptual yang telah dibuat sehingga dapat meningkatkan *service level* perusahaan secara keseluruhan serta menurunkan biaya-biaya operasional dari perusahaan.

6.3 Analisis Sensitivitas

Pada subbab ini, analisis sensitivitas akan dilakukan pada dua kondisi yaitu pada kapasitas *storage* untuk setiap BBM baik di *supply point* maupun *demand nodes*, perubahan kapasitas kapal dan perubahan *time windows* sistem. Pada perubahan kapasitas *storage*, akan dijalankan simulasi pada kondisi perubahan kapasitas *storage* BBM pelabuhan *demand* dan pelabuhan *supply point* akan dilakukan penambahan dan pengurangan kapasitas *storage*. Untuk BBM produk 1 dan produk 2 akan dilakukan penambahan dan pengurangan kapasitas *storage* sebesar 10 ribu kL, sedangkan BBM produk 3 dan produk 4 akan dilakukan penambahan dan pengurangan kapasitas *storage* sebesar 5 ribu kL. Model simulasi yang akan dijalankan adalah model simulasi skenario terpilih yaitu skenario 5 dan kondisi eksisting.

Service level secara keseluruhan skenario 5 kondisi eksisting yang terbaik merupakan yang terbaik dan apabila terdapat penambahan kapasitas *storage* tidak berpengaruh secara signifikan pada sistem. Namun apabila terjadi pengurangan kapasitas *storage*, maka terlihat ada pengaruh pada sistem. Biaya total tidak dipengaruhi karena biaya penambahan/pengurangan kapasitas *storage* tidak diperhitungkan. Sehingga diketahui bahwa variabel kapasitas *storage* sensitif terhadap sistem apabila nilai diturunkan dari nilai awalnya.

Selanjutnya akan dilakukan analisa sensitivitas pada perubahan kapasitas kapal pada model simulasi eksisting maupun skenario yang dicoba. Perubahan kapasitas kapal akan dicoba dengan menambahkan dan mengurangi kapasitas setiap kapal sebesar 500 kL. Model simulasi yang akan dijalankan adalah model simulasi skenario terpilih yaitu skenario 5 dan juga model simulasi kondisi eksisting.

Service level secara keseluruhan yang terbaik adalah skenario 5 dengan penambahan kapasitas seluruh kapal yang beroperasi sebesar 500 kL. Perubahan kapasitas kapal berpengaruh signifikan terhadap performansi sistem yang dibuktikan dengan perubahan parameter *service level* yang ada. Pada komponen biaya total tidak terjadi perubahan yang terlalu signifikan namun pada kondisi kapasitas kapal ditambah biaya cenderung lebih murah dikarenakan perjalanan kapal menjadi lebih jarang dilakukan.

Selanjutnya akan dilakukan analisa sensitivitas pada perubahan jam operasional pelabuhan atau *time windows* pada model simulasi eksisting maupun skenario yang dicoba. Perubahan *time windows* akan mencoba mengurangi jam operasional pelabuhan untuk melakukan kegiatan *connecting hose* menjadi *awaiting daylight*. Kondisi ini berarti proses *loading unloading* kapal barudapat dimulai pada pukul 05.00 pagi dan harus berakhir pukul 18.00 dan berbeda dari model simulasi eksisting yang beroperasi penuh selama 24 jam. Model simulasi yang akan dijalankan adalah model simulasi skenario terpilih yaitu skenario 5 dan juga model simulasi kondisi eksisting.

Service level secara keseluruhan yang terbaik adalah skenario 5 dengan kondisi *time windows* awal yaitu beroperasi secara penuh 24 jam. Perubahan *time windows* cukup berpengaruh terhadap performansi sistem karena akan membuat *round trip days* (RTD) kapal semakin lama sehingga kemungkinan terjadi *shortage* akan semakin besar. Pada parameter biaya, tidak terjadi perubahan parameter yang terlalu signifikan, namun biaya pada kondisi *awaiting daylight* cenderung lebih murah karena perjalanan kapal akan lebih jarang dilakukan.

BAB 7

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari pengerjaan tugas akhir serta saran-saran yang dapat diberikan untuk penelitian-penelitian terkait selanjutnya.

7.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, berikut ini adalah beberapa kesimpulan yang dapat diambil.

1. Model simulasi yang dikembangkan mampu untuk menggambarkan situasi sistem distribusi bahan bakar minyak (BBM) jalur laut eksisting di perusahaan dan dapat mengevaluasi sistem distribusi yang ada berdasarkan model konseptual dan simulasi yang telah dibuat. Model konseptual yang ada terdiri dari 5 model dan model simulasi yang dibuat terdiri dari 5 *submodel* menyesuaikan model konseptual yang telah dibuat.
2. Pada skenario perbaikan yang telah dikembangkan, terdapat 9 skenario perbaikan yang dikembangkan. Skenario-skenario ini merupakan skenario kombinasi antara dua skenario utama yaitu perubahan jumlah dan kapasitas kapal dan perubahan aturan penugasan kompartemen kapal pada sistem distribusi eksisting.
3. Pada model simulasi skenario yang telah dikembangkan, ditemukan bahwa skenario 5 merupakan skenario terbaik untuk perbaikan sistem distribusi eksisting. Skenario ini menunjukkan bahwa jumlah kapal eksisting yang perlu beroperasi cukup 6 kapal saja dengan aturan penugasan kapal *undedicated compartment*. Pada skenario ini, total kapasitas kapal yang ada berkurang dari semula 23600 kL menjadi 20200 kL. Skenario ini dipilih berdasarkan *service level* total skenario yaitu sebesar 98.90%, *service level* produk 1 sebesar 99.03%, *service level* produk 2 sebesar 98.99%, *service level* produk 3 sebesar 98.45% dan *service level* produk 4 sebesar 99.13%. Kondisi ini lebih baik secara keseluruhan disbanding *service level* kondisi eksisting. Selain itu biaya total model simulasi skenario, yaitu sebesar USD

6,271,359.60 jauh lebih efisien jika dibandingkan dengan biaya total model simulasi kondisi eksisting.

4. Prosedur yang dikembangkan merupakan prosedur untuk aturan penugasan kompartemen kapal pada skenario terpilih. Prosedur ini merupakan aturan penugasan *undedicated compartment* yang diterapkan adalah aturan kapal dimana setiap kapal akan berlayar ke *supply point* yang menjadi atribut kapal dengan membawa kombinasi jenis BBM berdasarkan level pengiriman dan urutan kekritisannya setiap BBM. Jika suatu jenis BBM paling kritis maka jenis BBM tersebut akan dibawa dengan 2 kompartemen dan apabila suatu BBM berada pada level pengiriman namun tidak paling kritis maka jenis BBM tersebut akan dibawa dengan jenis BBM yang paling kritis dengan masing-masing 1 kompartemen. Namun kapal tidak akan berangkat apabila tidak ada *coverage days of demand (CDD)* BBM yang mencapai level pengiriman.

7.2 Saran

Berikut ini adalah beberapa saran yang dapat diberikan sebagai *improvement* untuk penelitian-penelitian terkait selanjutnya.

1. Perlu dipertimbangkan mengenai sistem distribusi dengan kapal pada perusahaan secara keseluruhan sehingga lebih banyak opsi kemungkinan skenario yang dapat dicoba pada model simulasi
2. Perlu dilakukan pertimbangan terhadap kondisi-kondisi yang mungkin dapat mengganggu jalannya distribusi seperti *maintenance* kapal, *supply disruption* dan *transportation disruption*.

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, R. S., 2015. *Penentuan Jumlah Kapal Multi-Undedicated-Compartment dalam Perencanaan Distribusi Bahan Bakar Minyak dengan Metode Simulasi pada PT. Pertamina (Persero) MOR V Surabaya*, Surabaya: s.n.

Ballou, R., 1998. *Business Logistics Management*. 4th ed. New Jersey: Prentice Hall.

Chopra, S. & Meindl, P., 2007. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. 3rd ed. Michigan: Pearson Prentice Hall.

Christiansen, M. et al., 2011. Maritime Inventory Routing with Multiple Products: A Case Study from Cement Industry. *European Journal of Operational Research*, pp. 86-94.

Cooke, J. & Young, T., 2014. *Voyage Charter*. 4th ed. New York: Informa Law From Routledge.

Daellenbach, H. G. & McNickle, D. C., 2005. *Management Science: Decision Making Through System Thinking*. 1st ed. New York: Palgrave Macmillan.

Diakoulaki, D. et al., 1995. *Multi Criteria Decision Analysis: State of The Arts Surveys*. 1st ed. New York: Springer.

Elisabeth, 2017. *Evaluasi Jumlah dan Kapasitas Kapal untuk Mendistribusikan Semen Curah dengan Mempertimbangkan Kegiatan Perawatan Kapal*, Surabaya: s.n.

Frota Neto, J. Q., Bloemhof-Ruwaard, J. M., Van Nunen, J. A. E. & Van Heck, E., 2008. Designing and Evaluating Sustainable Logistic Networks. *International Journal of Production Economics*, Volume 111, pp. 195-208.

Golden, B. L., Wasil, E. A. & Raghavan, S., 2008. *The Vehicle Routing Problem : Latest Advances and New Challenges*. Washington: Springer.

Gudehus, T. & Kotzab, H., 2009. *Comprehensive logistics*. s.l.:Springer.

Harrel, C., Ghosh, B. K. & Bowden, R. O., 2000. *Simulation Using ProModel*. 2nd ed. New York: McGraw Hill.

Hatmojo, S. T., 2016. *Pengembangan Model Simulasi Diskrit Penentuan Jumlah dan Kapasitas Kapal pada Kasus Multi Depot Multi Tujuan*, Surabaya: s.n.

- Hwang, S., 2005. *Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi-Commodity Liquid Bulk*, Georgia: s.n.
- Hwang, S. & Al-Khayyal, F., 2007. Inventory Constrained Maritime Routing and Scheduling for Multi-Commodity Liquid Bulk. *European Journal of Operational Research*, Volume I, pp. 106-130.
- Kelton, W. D., Sadowski, R. P. & Sadowski, D. A., 2000. *Simulation with Arena*. 2nd ed. Boston: McGraw Hill.
- Kurniawati, U., 2017. *Permodelan Simulasi Distribusi Jalur Laut PT Petrokimia dengan Mempertimbangkan Supply and Transportation Disruption*, Surabaya: s.n.
- Law, A. M. & Kelton, W. D., 2000. *Simulation Modelling and Analysis*. 3rd ed. New York: McGraw-Hill.
- Mark, H., 2001. *Tanker Operations: A Handbook for The Person-in-Charge (PIC)*. Cambridge: Cornell Maritime Press.
- Migas, B., 1999. *Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi*. [Online] Available at: <http://www.bphmigas.go.id/pola-distribusi-minyak-mentah-bbm-2> [Accessed 30 September 2017].
- Migas, B., 2017. *Badan Pengatur Hilir Minyak dan Gas Bumi*. [Online] Available at: <http://www.bphmigas.go.id/konsumsi-bbm-nasional> [Accessed 30 October 2017].
- Montgomery, D. C., Runger, G. C. & Hubele, N. F., 2011. *Engineering Statistics*. 4th ed. Arizona: John Wiley & Sons Inc.
- Pertamina, 2012. *Pertamina*. [Online] Available at: <http://www.pertamina.com/company-profile/sejarah-pertamina/> [Accessed 07 October 2017].
- Pertamina, 2012. *Pertamina*. [Online] Available at: <http://www.pertamina.com/our-business/hilir/pengolahan/unit-pengolahan/> [Accessed 07 October 2017].
- Pertamina, 2015. *Annual Report 2015*. Jakarta: PT. Pertamina (Persero).
- Pujawan, I. N. & Mahendrawati, E., 2010. *Supply Chain Management*. 1st ed. Surabaya: Guna Widya.

Robinson, S., 2014. *Simulation: The Practice of Model Development and Use*. Oxford: Palgrave Macmillan.

Rubinstein, R., Reuven, A., Kroese, J. & Dirk, K., 2004. *The Cross-Entropy Method: A Unifier Approach to Combinational Optimization, Monte Carlo Simulation & Machine Learning*. 1st ed. Brisbane: Springer.

Siswanto, N., Essam, D. & Sarker, R., 2011. Solving The Ship Inventory and Scheduling Problem With Undedicated Compartment. *Computer & Industrial Engineering*, Volume 61, pp. 289-299.

Siswanto, N., Latiffianti, E. & Wiratno, S. E., 2017. *Simulasi Sistem Diskrit: Implementasi dengan Software Arena*. 1st ed. Surabaya: ITS TeknoSains.

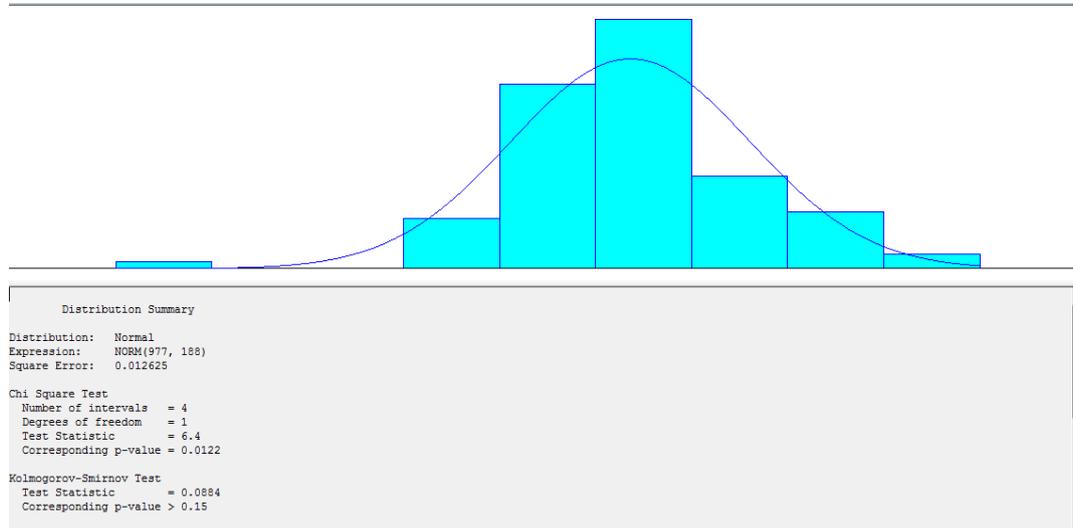
Strickland, J., 2014. *Verification & Validation for Modelling & Simulation*. New York: Lulu Inc.

Wealleans, D., 2001. *The Organization Measurement Manual*. Hampshire: Gower.

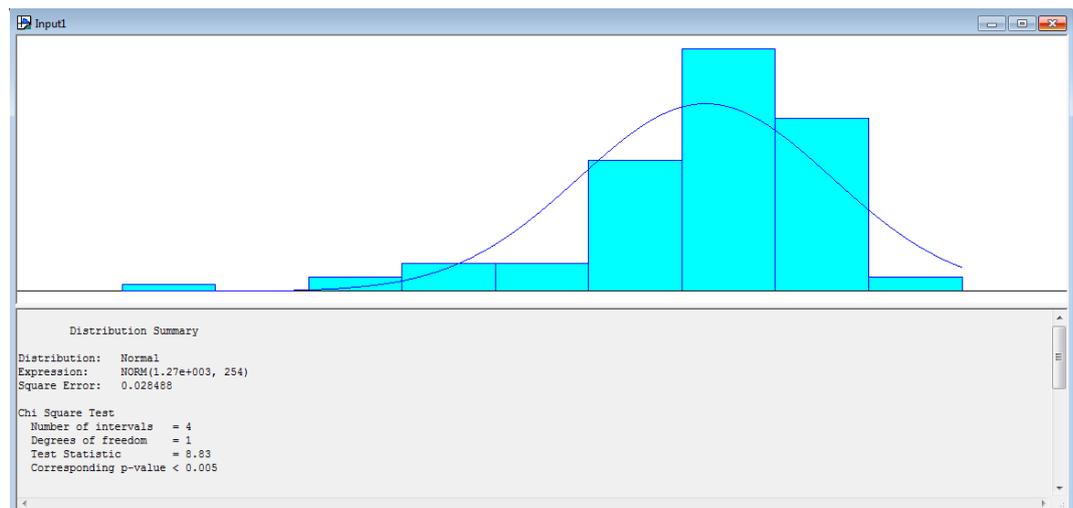
(halaman ini sengaja dikosongkan)

LAMPIRAN

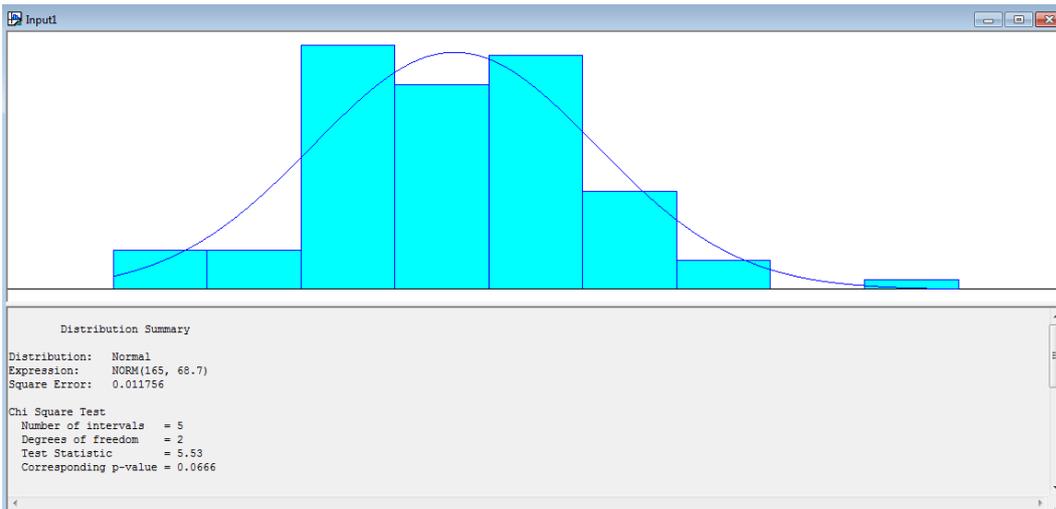
LAMPIRAN 1



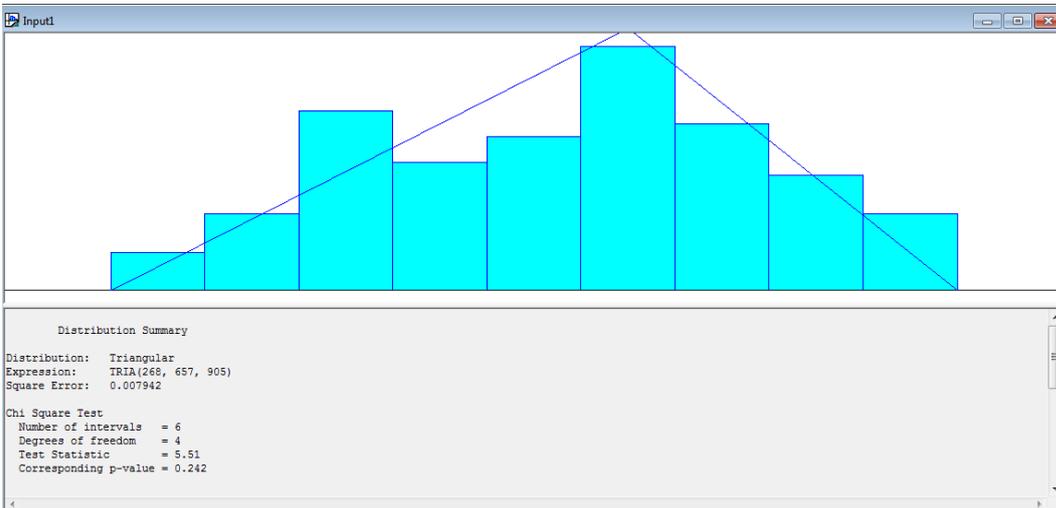
Data Fitting Distribution Demand Produk 1



Data Fitting Distribution Demand Produk 2



Data Fitting Distribution Demand Produk 3



Data Fitting Distribution Demand Produk 4

LAMPIRAN 2

Hasil Menjalankan Simulasi Skenario 5

Replik asi	SOH Produ k 1	SOH Produ k 2	SOH Produ k 3	SOH Produ k 4	CDD Produ k 1	CDD Produ k 2	CDD Produ k 3	CDD Produ k 4	SL Produ k 1	SL Prod uk 2	SL Produ k 3	SL Produ k 4	SL Rata -rata	Biaya Total	Intran sit Produ k 1	Intran sit Produ k 2	Intran sit Produ k 3	Intran sit Produ k 4	Leadti me Supply 1	Leadti me Supply 2	Leadti me Supply 3
1	4676. 09	5399. 076	1223. 982	2534. 349	7.913 706	6.833 759	13.44 024	7.279 91	99.4 5%	98.6 3%	98.3 6%	98.9 7%	98.8 5%	\$ 6,270,82 4.07	1790. 798	1835. 583	373.6 196	1083. 436	17.949 3956	8.0457 5234	30.686 9258
2	5560. 4	5947. 872	1318. 818	2580. 644	9.041 008	7.200 243	14.09 332	7.713 11	99.0 3%	98.9 9%	98.4 5%	99.1 3%	98.9 0%	\$ 6,271,35 9.60	1707. 975	1866. 871	416.5 644	1114. 11	18.345 1815	9.0234 0685	36.937 0287
3	4664. 876	5418. 462	1221. 303	2560. 384	7.989 081	6.776 632	13.84 887	7.677 089	99.7 3%	98.6 3%	99.7 3%	99.4 5%	99.3 9%	\$ 6,270,80 1.88	1709. 202	1709. 202	1752. 147	377.9 141	18.158 9875	9.4302 3634	32.086 2633
4	5245. 011	4809. 839	1298. 393	3052. 197	8.557 37	6.709 607	6.734 636	8.521 802	100. 00%	98.6 3%	97.8 1%	97.4 4%	98.4 7%	\$ 6,270,85 8.60	1765. 749	2006. 728	389.6 024	1074. 618	17.382 8509	8.4359 2671	33.320 9889
5	5228. 992	5645. 327	1247. 008	2591. 705	8.726 66	6.872 434	13.54 588	7.748 957	100. 00%	99.7 3%	98.3 6%	97.2 6%	98.8 4%	\$ 6,271,36 4.06	1786. 728	1857. 407	406.1 728	1086. 728	17.755 3475	9.1835 0861	34.965 0688
Rata- Rata	5075. 074	5444. 115	1261. 901	2663. 856	8.445 565	6.878 535	12.33 259	7.788 173	99.0 3%	98.9 9%	98.4 5%	99.1 3%	98.9 0%	\$ 6,271,35 9.60	1752. 091	1855. 158	667.6 213	947.3 613	17.918 3526	8.8237 6617	33.599 2551

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Arighi Radevito merupakan anak kedua dari tiga bersaudara. Lahir di Surabaya, 18 November 1995 serta berdomisili di Surabaya. Penulis memulai pendidikan di TK Al Falah Surabaya, SD Al Hikmah Surabaya, SMP Al Hikmah Surabaya, SMA Negeri 2 Surabaya dan kemudian melanjutkan Pendidikan tinggi di Departemen Teknik Industri ITS Surabaya.

Selama masa perkuliahan di Departemen Teknik Industri ITS Surabaya, penulis aktif menjadi asisten Laboratorium Permodelan Kuantitatif dan Analisa Kebijakan Industri. Penulis juga aktif sebagai staff agitasi & propaganda forum kajian strategis (Forkastra) organisasi HMTI ITS. Selain itu penulis juga pernah tergabung dalam organisasi SPE ITS sebagai Staff dan juga LO serta pernah tergabung dalam UKM Tenis ITS.

Penulis pernah melakukan kerja praktik di perusahaan migas JOB Pertamina-Medco E&P Tomori Sulawesi dan mendapatkan tugas untuk melakukan evaluasi penilaian *vendor*, utilisasi *warehouse* dan evaluasi implementasi ERP pada perusahaan. Selain itu penulis juga pernah melakukan kegiatan Magang Industri di perusahaan migas asing yaitu Santos (Sampang) Pty Ltd. dengan tugas untuk mengevaluasi tata letak *warehouse*, melakukan *record accuracy* pada barang-barang *warehouse* dan peningkatan performansi *warehouse* perusahaan.

Selama perkuliahan, penulis pernah menjadi *trainer* pada acara pelatihan *software* Lingo yang diadakan di Teknik Industri ITS. Selain itu penulis juga pernah mengikuti lomba *Arena Student Simulation Competititon* secara internasional yang diadakan oleh *Rockwell automation* dengan *Institute of Industrial & System Engineers* (IISE) serta lomba *case study* yang diadakan oleh Astra Internasional. Sifat terbuka penulis tidak menutup kemungkinan untuk berdiskusi dengan menghubungi melalui email a.radevito@gmail.com