



TUGAS AKHIR - MS184801

MODEL DISTRIBUSI MINYAK SAWIT (*FATTY ACID METHYL ESTER*) DALAM MENDUKUNG KEBIJAKAN B20

Fitri Ariyani
NRP. 0441154 000 0005

Dosen Pembimbing
Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



TUGAS AKHIR - MS 184801

MODEL DISTRIBUSI MINYAK SAWIT (*FATTY ACID METHYL ESTER*) DALAM MENDUKUNG KEBIJAKAN B20

Fitri Ariyani
NRP. 0441154 000 0005

Dosen Pembimbing
Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

DEPARTEMEN TEKNIK TRANSPORTASI LAUT
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020



FINAL PROJECT - MS 184801

**PALM OIL DISTRIBUTION MODEL (FATTY
ACID METHYL ESTER) IN SUPPORTING POLICY B20**

Fitri Ariyani
NRP. 0441154 000 0005

Supervisors
Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.
Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.

DEPARTMENT OF MARINE TRANSPORTATION ENGINEERING
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN
MODEL DISTRIBUSI MINYAK SAWIT (FATTY ACID METHYL ESTER) DALAM MENDUKUNG KEBIJAKAN B20

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
Pada
Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember


Oleh:

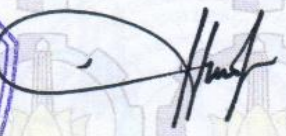
FITRI ARIYANI
NRP. 0441154 000 0005

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.
NIP. 196906101995121001


Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc.
NIP. 1987201912083

SURABAYA, JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

MODEL DISTRIBUSI MINYAK SAWIT (FATTY ACID METHYL ESTER) DALAM MENDUKUNG KEBIJAKAN B20

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai hasil sidang Ujian Tugas Akhir

Tanggal 21 Januari 2020

Program S1 Departemen Teknik Transportasi Laut

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

FITRI ARIYANI

N.R.P 04411540000005

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir :

1. Irwan Tri Yuniarto, S.T.,M.T



2. Eka Wahyu Ardhi, S.T.,M.T



3. Dika Virginia Devintasari, S.Si.,MSc.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir :

4. Firmanto Hadi, S.T.,MSc.



5. Siti Dwi Lazuardi, S.T.,MSc.



01/01/20

SURABAYA, 29 JANUARI 2020

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian yang berjudul **“MODEL DISTRIBUSI MINYAK SAWIT (FATTY ACID METHYL ESTER) DALAM MENDUKUNG KEBIJAKAN B20”** ini dapat terselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan kali ini, perkenankan penulis untuk menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, untuk :

1. Keluarga besar tersayang yang tidak pernah berhenti untuk mendoakan penulis dalam menjalankan kuliahnya.
2. Firmanto Hadi, S.T., M.Sc., selaku dosen pembimbing I serta Siti Dwi Lazuardi, S.T., M.Sc. selaku dosen pembimbing II yang dengan sabar telah meluangkan waktu memberikan bimbingan, ilmu dan arahan dalam menyelesaikan penelitian ini.
3. Dosen Departemen Teknik Transportasi Laut, atas bantuan dan arahan selama proses perkuliahan.
4. Teman-teman BRIGANTINE, yang selalu memberikan dukungan baik saat masa perkuliahan maupun pengerjaan penelitian ini.
5. Semua pihak yang telah membantu didalam penyelesaian Penelitian ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis sadar bahwa Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga tulisan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 30 Januari 2020

Penulis

MODEL DISTRIBUSI MINYAK SAWIT (FATTY ACID METHYL ESTER) DALAM MENDUKUNG KEBIJAKAN B20

Nama Mahasiswa : Fitri Ariyani
NRP : 0441154000005
Departemen / Fakultas : Teknik Transportasi Laut / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.
2. Siti Dwi Lazuardi, S.T.,M.Sc.

ABSTRAK

Kebutuhan bahan bakar minyak bumi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi dan berkembangnya teknologi. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tercatat pada tahun 2017 nilai impor minyak Indonesia mencapai 8,2 miliar dolar AS atau sekitar Rp 117,2 triliun. Sehingga untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak, Indonesia menerapkan program B20. Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 1803 K/10/MEM/2018 terdapat 19 Badan Usaha BBN yang menyuplai FAME dan 25 BU BBM yang mengelola FAME, salah satunya adalah PT X. Namun, karena terlalu banyak titik pencampuran sehingga pendistribusian FAME belum berjalan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk mencari rute distribusi dengan *unit cost* minimum. Berdasarkan data *history* perkembangan FAME memiliki potensi yang bagus, dimana setiap tahunnya kebutuhan FAME meningkat rata-rata sebesar 16%. Dalam pencarian rute distribusi digunakan Metode *Nearest Neighbour* yang bertujuan untuk mencari rute yang terpendek. Selain itu menggunakan metode optimasi untuk mencari ukuran utama kapal yang sesuai dengan setiap rute. Biaya satuan yang didapat adalah rute 1 Rp 128 /m³/nm, rute 2 Rp 58 /m³/nm, rute 3 Rp 80 /m³/nm, rute 4 Rp 162 /m³/nm, rute 5 Rp 151 /m³/nm, rute 6 Rp 87 /m³/nm, rute 7 Rp 100 /m³/nm, rute 8 Rp 138 /m³/nm, rute 9 Rp 254 /m³/nm, rute 10 Rp 355 /m³/nm.

Kata Kunci — FAME, Rute Optimum, Ukuran Kapal Optimum, Metode Nearest Neighbour.

PALM OIL DISTRIBUTION MODEL (FATTY ACID METHYL ESTER) IN SUPPORTING POLICY B20

Author : Fitri Ariyani
ID No. : 04411540000005
Dept. / Faculty : Marine Transportation Engineering / Marine Technology
Supervisors : 1. Firmanto Hadi, S.T., M.Sc.
2. Siti Dwi Lazuardi, S.T.,M.Sc.

ABSTRACT

Petroleum fuel needs is going to increase with population growth and technology development. BPS data show value of Indonesia's oil imports reached 8.2 billion US dollars or around Rp 117.2 trillion in 2017. So Indonesia goverment applies the B20 program to reduce the use of fuel oil. There are 19 BBN Business Entities supplying FAME and 25 BU BBM that manage FAME based on Decree of the Minister of Energy and Mineral Resources No. 1803 K / 10 / MEM / 2018. However, FAME distribution hasn't gone well because there are too many mixing points. This study aims to find distribution routes with a minimum unit cost. The development of FAME has good potential based on historical data, where FAME needs increase of 16% every year. Research method to find distribution routes is Nearest Neighbor Method. Each route will determine ship main dimension based on optimization. The result of the unit costs for every route are Rp 128 /m³/nm four route 1, Rp 58 /m³/nm for route 2, Rp 80 /m³/nm for route 3, Rp 162 /m³/nm for route 4, Rp 151 /m³/nm for route 5, Rp 87 /m³/nm for route 6, Rp 100 /m³/nm for route 7, Rp 138 /m³/nm for route 8, Rp 254 /m³/nm for route 9, Rp 355 /m³/nm for route 10.

Keywords: FAME, Optimum Route, Optimum Ship Main Dimension
, Nearest Neighbour Method,

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
LEMBAR REVISI	ii
KATA PENGANTAR	iii
ABSTRAK.....	iv
ABSTRACT.....	v
DAFTAR ISI.....	vi
DAFTAR TABEL.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Manfaat.....	3
1.5 Hipotesis.....	3
1.6 Batasan Masalah.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kebijakan B20.....	5
2.2 <i>FAME (Fatty Acid Methyl Ester)</i>	7
2.2.1 Kandungan FAME	7
2.2.2 Proses Pembuatan FAME	8
2.3 Armada yang digunakan.....	10
2.3.1 Kapal Tanker.....	10
2.4 Pelabuhan	13
2.4.1 Terminal Pelabuhan	15
2.4.2 Dermaga.....	17
2.4.3 Fasilitas Pelabuhan.....	19
2.5 Biaya Transportasi Laut	21
2.5.1 Biaya Modal (Capital Cost)	21
2.5.2 Biaya Operasional (Operational Cost).....	21
2.5.3 Biaya Pelayaran	22
2.5.4 Biaya Bahan Bakar	22

2.5.5	Biaya Pelabuhan	23
2.5.6	Biaya Bongkar Muat	23
2.5.7	Biaya Total (Total Cost)	24
2.5.8	Biaya per Satuan Unit (Unit Cost)	24
2.6	Peramalan	25
2.6.1	Metode Peramalan Kuantitatif	25
2.7	Metode <i>Nearest Neighbour</i>	26
2.8	Metode Optimasi	27
BAB 3	METODOLOGI PENELITIAN	31
3.1	Diagram Alir	31
3.2	Tahap Pengerjaan	32
BAB 4	GAMBARAN UMUM	33
4.1	<i>Supply Demand</i> FAME	33
4.1.1	Produsen FAME	33
4.1.2	Produksi FAME	39
4.1.3	Konsumsi FAME di Indonesia	39
4.2	Tempat pengolahan B20	40
4.3	Rute Distribusi FAME	48
BAB 5	ANALISIS DAN PEMBAHASAN	49
5.1	Analisis Potensi FAME	49
5.2	Data Muatan	50
5.3	Maksimum <i>Draught</i> Kapal	53
5.4	Asumsi yang Digunakan	54
5.5	Regresi Kapal Pembanding	55
5.6	Optimasi Rute Distribusi	58
5.6.1	Model Matematis untuk Menentukan Rute Distribusi	58
5.6.2	Rute Distribusi	59
5.6.3	Jarak Berdasarkan Rute Terpilih	61
5.6.4	Waktu Perjalanan Kapal	62
5.6.5	Biaya Pokok Kapal	64
5.6.6	Biaya Operasional Kapal	65
5.6.7	Biaya Bahan Bakar Kapal	66
5.6.8	Biaya Pelabuhan	66

5.6.9	Biaya Satuan Setiap rute	67
5.7	Perhitungan Ukuran Utama Kapal	68
5.7.1	Model Matematis untuk Menentukan Ukuran Kapal Baru	68
5.7.2	Waktu Perjalanan Kapal	72
5.7.3	Biaya Pokok Kapal	73
5.7.4	Biaya Operasional Kapal	74
5.7.5	Biaya Bahan Bakar Kapal	75
5.7.6	Biaya Pelabuhan.....	76
5.7.7	Biaya Satuan Setiap rute	76
5.7.8	Ukuran Kapal Baru	77
5.8	Perbandingan Biaya Satuan Setiap Rute	78
BAB 6	KESIMPULAN DAN SARAN	81
6.1	Kesimpulan.....	81
6.2	Saran.....	82
	DAFTAR PUSTAKA	83
	BIODATA PENULIS	85
	LAMPIRAN.....	87
	Lampiran 1. Perhitungan Rute 1 dengan Ukuran Utama Hasil Optimasi	88
	Lampiran 2. Hasil Optimasi rute.....	126
	Lampiran 3. Rangkuman semua rute dengan ukuran kapal hasil reg	130
	Lampiran 4. Hasil Perhitungan Rute dengan Ukuran Utama Hasil Optimasi	135

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Penetapan Kewajiban Minimal Pemanfaatan Biodiesel Sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak	5
Tabel 2.2 Perbandingan Sifat Bahan Bakar	7
Tabel 4.1 Data Produksi FAME Tahun 2016-2018.....	39
Tabel 4.2 Data Konsumsi FAME Tahun 2016 – 2018	40
Tabel 4.3 Titik Pencampuran FAME.....	41
Tabel 5.1 Hasil Peramalan Produksi dan Konsumsi FAME Tahun 2019-2022	50
Tabel 5.2 Data Suplai setiap Asal.....	50
Tabel 5.3 Data Permintaan setiap TBBM.....	51
Tabel 5.4 Jarak dari Asal dan Tujuan	52
Tabel 5.5 Jarak antara Tujuan Satu dengan Tujuan lainnya	52
Tabel 5.6 Draught Maksimum Kapal pada Pelabuhan Asal.....	53
Tabel 5.7 Draught Maksimum Kapal pada Pelabuhan Tujuan.....	53
Tabel 5.8 Asumsi yang digunakan.....	54
Tabel 5.9 Data Kapal Pembanding	55
Tabel 5.10 Rute Distribusi Terpilih	59
Tabel 5.11 Jarak Pergi Setiap Rute.....	61
Tabel 5.12 Jarak Pulang Setiap Rute	62
Tabel 5.13 Waktu Perjalanan Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi	63
Tabel 5.14 Biaya Pokok Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi	64
Tabel 5.15 Biaya Operasional Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi	65
Tabel 5.16 Biaya Bahan Bakar Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi.....	66
Tabel 5.17 Biaya Pelabuhan dengan Ukuran Kapal hasil Regresi	67
Tabel 5.18 Biaya satuan kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi	67
Tabel 5.19 Waktu Perjalanan Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi.....	72
Tabel 5.20 Biaya Pokok Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi.....	73
Tabel 5.21 Biaya Operasional Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi.....	74
Tabel 5.22 Biaya Bahan Bakar Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi	75
Tabel 5.23 Biaya Pelabuhan dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi.....	76
Tabel 5.24 Biaya satuan kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi.....	77
Tabel 5.25 Ukuran Kapal hasil Optimasi.....	77

Tabel 5.26 Biaya-Biaya untuk Ukuran Kapal hasil Regresi79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Reaksi pada Proses Transesterifikasi	8
Gambar 2.2 Proses Pembuatan FAME	9
Gambar 2.3 Kategori Ukuran Tanker (U.S. Energy Information Administration).....	10
Gambar 2.4 TI ASIA DWT:441.893 vs EAGLE OTOME DWT:95663	11
Gambar 2.5 Desain Chemical tanker	12
Gambar 2.6 Chemical Tanker.....	12
Gambar 2.7. Dermaga Apung	19
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi	31
Gambar 4.1 Peta Lokasi Badan Usaha BBN di Indonesia.....	33
Gambar 4.2 Daftar Perusahaan penyuplai FAME	33
Gambar 4.3 Peta Lokasi PT. Wilmar Nabati Indonesia.....	34
Gambar 4.4 Peta Lokasi PT. Cemerlang Energi Perkasa	36
Gambar 4.5 Peta Lokasi PT. Intibenua Perkasamata.....	37
Gambar 4.6 Peta Lokasi PT. Bayas Biofuels.....	37
Gambar 4.7 Peta Lokasi PT. Tunas Baru Lampung	38
Gambar 4.8 Peta Lokasi Terminal BBM Balikpapan Group.....	42
Gambar 4.9 Peta Lokasi Terminal BBM Surabaya Group	42
Gambar 4.10 Peta Lokasi Terminal BBM Plaju	43
Gambar 4.11 Peta Lokasi Terminal BBM Jakarta Group.....	44
Gambar 4.12 Peta Lokasi Terminal BBM Tanjung Uban	44
Gambar 4.13 Peta Lokasi Terminal BBM Kotabaru Group	45
Gambar 4.14 Peta Lokasi Terminal BBM Medan Group.....	46
Gambar 4.15 Peta Lokasi Terminal BBM Teluk Kabung	46
Gambar 4.16 Peta Lokasi Terminal BBM Wayame	47
Gambar 4.17 Peta Lokasi Terminal BBM Semarang	47
Gambar 5.1 Grafik Produksi dan Konsumsi FAME Tahun 2016-2018	49
Gambar 5.2 Grafik Hubungan DWT – LPP	56
Gambar 5.3 Grafik Hubungan DWT – B.....	56
Gambar 5.4 Grafik Hubungan DWT – H	57
Gambar 5.5 Grafik Hubungan DWT – T	57
Gambar 5.6 Rute 1 dan 2	60
Gambar 5.7 Rute 3, 4 dan 5	60

Gambar 5.8 Rute 6, 7, 8, 9, dan 1061

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bahan bakar minyak bumi merupakan salah satu kebutuhan utama yang banyak digunakan di berbagai negara. Kebutuhan akan bahan bakar minyak bumi semakin meningkat seiring dengan meningkatnya populasi dan berkembangnya teknologi. Namun, hal ini berbanding terbalik dengan tersedianya cadangan sumber daya minyak bumi yang ada di dunia. Saat ini cadangan sumber daya minyak bumi di dunia semakin menipis karena sifatnya yang tidak dapat diperbarui. Oleh karena itu, untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar minyak bumi tersebut, dibutuhkan bahan bakar pengganti untuk menggantikan peran minyak bumi. Salah satu jenis bahan bakar pengganti yang sangat potensial untuk dikembangkan adalah fatty acid methyl ester (FAME).

FAME adalah bahan bakar nabati untuk mesin/motor diesel yang terbuat dari minyak nabati/ lemak hewani, dimana bahan baku untuk membuat FAME ini mudah diperoleh. Tumbuhan yang dapat digunakan untuk membuat FAME adalah kelapa sawit, tanaman jarak, jarak pagar, kemiri sunan, kemiri cina, nyamplung dan lain-lain. Indonesia sendiri merupakan salah satu negara pengguna bahan bakar minyak bumi terbesar. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) tercatat pada tahun 2017 nilai impor minyak Indonesia mencapai 8,2 miliar dolar AS atau sekitar Rp 117,2 triliun sehingga menyebabkan Indonesia menduduki posisi ke-3 sebagai negara pengimpor minyak terbanyak di Asia Tenggara. Sehingga untuk mengurangi penggunaan bahan bakar minyak, Indonesia menerapkan program B20. B20 adalah bahan bakar nabati yang diperoleh dengan mencampurkan Biodiesel sebanyak 20% dengan bahan bakar minyak jenis solar sebanyak 80%.

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 1803 K/10/MEM/2018 tentang penetapan badan usaha bahan bakar nabati jenis biodiesel dan alokasi volume untuk pengadaan bahan bakar nabati jenis biodiesel pada PT X dan PT Y periode Mei – oktober 2018 tercatat ada 19 Badan Usaha Bahan Bakar Nabati sebagai penyuplai BBN untuk campuran BBM, dimana 19 Badan Usaha BBN akan mengirimkan BBN pada PT X dan PT. Y . Dalam peraturan menteri ini juga terdapat jumlah BBN yang harus dikirim oleh masing-masing Badan Usaha. Penerima BBN paling banyak adalah PT X. PT X sendiri

sebagai pengolah B20 mengalami kendala dalam pasokan FAME ke titik pencampuran B20.

Kapal yang digunakan untuk mengangkut FAME merupakan kapal yang bersertifikat khusus. Selain itu, banyaknya titik pencampuran B20 yang dikelola PT X menyebabkan pendistribusian FAME oleh Badan Usaha BBN belum berjalan dengan baik. Hal ini menyebabkan penulis untuk melakukan penelitian secara lebih mendalam tentang sistem distribusi FAME yang ada saat ini. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian tugas akhir dengan judul “Model Distribusi Minyak Sawit (Fatty Acid Methyl Ester) dalam Mendukung Kebijakan B20”.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dipaparkan sebelumnya, maka rumusan masalah dalam penelitian tugas akhir ini sebagai berikut :

1. Bagaimana potensi penggunaan FAME?
2. Bagaimana armada yang digunakan untuk mengangkut FAME dari pabrik ke tempat pencampuran B20?
3. Bagaimana menentukan rute distribusi FAME yang optimal dalam mendukung kebijakan B20 di wilayah Indonesia?
4. Berapa biaya distribusi FAME dari pabrik ke tempat pencampuran B20?

1.3 Tujuan

Sesuai dengan rumusan masalah pada subbab sebelumnya, maka tujuan dalam penelitian dalam tugas akhir ini sebagai berikut:

1. Mengetahui potensi penggunaan FAME
2. Mengetahui armada yang digunakan untuk mengangkut FAME dari pabrik ke tempat pencampuran B20
3. Menentukan rute distribusi FAME yang optimal dalam mendukung produksi B20 di wilayah Indonesia
4. Mengetahui biaya distribusi FAME dari pabrik ke tempat pencampuran B20 biodiesel.

1.4 Manfaat

Adapun manfaat yang ingin dicapai dari penelitian Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

A. Bagi penulis

Dapat mengetahui potensi FAME sebagai bahan bakar alternatif

B. Bagi perusahaan

Memberikan masukan bagi perusahaan untuk perencanaan distribusi FAME dengan biaya termurah.

1.5 Hipotesis

Dugaan awal dari penelitian Tugas Akhir ini adalah distribusi FAME dengan biaya angkut minimum menggunakan pola operasi *multiport*.

1.6 Batasan Masalah

Agar dalam melakukan penelitian dalam tugas akhir ini lebih fokus, dilakukan pembatasan :

1. Lingkup penelitian ini adalah tempat pengolahan FAME yang dikelola oleh PT. X.
2. Dalam penelitian ini untuk mencari armada yang digunakan hanya sampai menentukan ukuran utama kapal.
3. Dalam penelitian ini kapal yang digunakan adalah kapal tanker.
4. Dalam penelitian ini tidak memperhatikan tangki timbun tujuan pengiriman (tempat pengolahan B20).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kebijakan B20

Program B20 adalah program pemerintah untuk mewajibkan pencampuran 20% Biodiesel dengan 80% bahan bakar minyak jenis Solar. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 tahun 2015 tentang tentang Perubahan Ketiga atas Peraturan Menteri ESDM No. 32 tahun 2008 tentang Penyediaan, Pemanfaatan dan Tata Niaga Bahan Bakar Nabati (Biofuel) sebagai Bahan Bakar Lain, Program B20 mulai diberlakukan sejak Januari 2016.

Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 tahun 2015, jenis sektor yang wajib menerapkan program B20 adalah usaha mikro, usaha perikanan, usaha pertanian, transportasi dan pelayanan umum/ PSO (Public Service Obligation), transportasi non PSO, dan industri dan komersial. Sesuai dengan arahan Presiden RI, mulai tanggal 1 September 2018 mandatori B20 dijalankan secara masif di semua sektor.

Tabel 2.1 Penetapan Kewajiban Minimal Pemanfaatan Biodiesel Sebagai Campuran Bahan Bakar Minyak

Jenis Sektor	Permen No. 12 Thn 2015				Keterangan
	2015	2016	2020	2025	
Rumah Tangga	-	-	-	-	Saat ini tidak ditentukan
Usaha Mikro, Usaha perikanan, Usaha Pertanian, Transportasi, dan Pelayanan Umum (PSO)	15%	20%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total
Transportasi Non PSO	15%	20%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total
Industri dan Komersial	15%	20%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total
Pembangkit Listrik	25%	30%	30%	30%	Terhadap kebutuhan total

Untuk mendukung keberhasilan implementasi B20, pada tahun 2014 Ditjen Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (Ditjen EBTKE), Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral bersama pihak terkait telah melakukan kajian dan uji pemanfaatan bahan bakar biodiesel 20% (B20) pada kendaraan bermotor dan alat mesin besar. Hasil uji jalan yang dilakukan hingga 100.000 km, tidak ditemukan permasalahan atau

perubahan yang signifikan pada spare part, ketahanan dan performa kendaraan akibat pemakaian B20.

Berdasarkan kajian dan uji terhadap sistem bahan bakar dengan metode rig test, kompatibilitas material, kestabilan penyimpanan dan uji pada mesin alat besar, diperoleh hasil bahwa implementasi B20 layak untuk diterapkan tanpa memerlukan modifikasi sistem mesin yang signifikan.

Pada bulan Februari 2018, Kajian Uji Jalan (Rail Test) Pemanfaatan B20 pada Kereta Api dilakukan dengan melibatkan pihak terkait dan berakhir pada bulan Agustus 2018. Pengujian uji jalan kereta api dilakukan dengan rute Tanjung Enim – Tiga Gajah – Tarahan, pulang pergi (PP) dengan menggunakan 2 unit lokomotif CC205 (EMD) dan 2 unit lokomotif CC206 (GE) dengan bahan bakar B0 dan B20. Selama enam bulan pengujian tersebut, kedua unit lokomotif dapat beroperasi dengan baik.

Penggunaan biodiesel dapat meningkatkan kualitas lingkungan karena bersifat degradable (mudah terurai) dan emisi yang dikeluarkan lebih rendah dari emisi hasil pembakaran bahan bakar fosil. Berdasarkan hasil Laporan Kajian dan Uji Pemanfaatan Biodiesel 20% (B20) yang dilakukan oleh Ditjen EBTKE bersama beberapa stakeholder terkait pada tahun 2014, diperoleh hasil uji emisi sebagai berikut:

1. Kendaraan berbahan bakar B20 menghasilkan emisi CO yang lebih rendah dibandingkan kendaraan B0. Hal ini dipengaruhi oleh lebih tingginya angka cetane dan kandungan oksigen dalam B20 sehingga mendorong terjadinya pembakaran yang lebih sempurna.
2. Kendaraan berbahan bakar B20 menghasilkan emisi Total Hydrocarbon (THC) yang lebih rendah dibandingkan kendaraan B0. Hal ini disebabkan pembakaran yang lebih baik pada kendaraan B20, sehingga dapat menekan emisi THC yang dihasilkan.

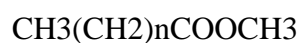
Manfaat dari pelaksanaan program B20 ini, antara lain sebagai berikut:

1. Meningkatkan ketahanan energi nasional melalui diversifikasi energi dengan mengutamakan potensi energi lokal;
2. Menghemat devisa dan mengurangi ketergantungan terhadap impor;
3. Meningkatkan nilai tambah ekonomi melalui hilirisasi industri kelapa sawit;
4. Membuka lapangan kerja; dan
5. Mengurangi emisi Gas Rumah Kaca sebesar 29% dari business as usual (BAU) pada tahun 2030 dan meningkatkan kualitas lingkungan

2.2 FAME (Fatty Acid Methyl Ester)

FAME (Fatty Acid Methyl Ester) sebagai salah satu bahan baku oleochemical dan alternatif bahan bakar. FAME (Fatty Acid Methyl Ester) adalah ester asam lemak. Karakteristik fisik ester asam lemak lebih dekat dengan bahan bakar diesel fosil daripada minyak nabati murni, tetapi sifatnya tergantung pada jenis minyak nabati. Campuran dari berbagai metil ester asam lemak umumnya disebut sebagai biodiesel, yang merupakan bahan bakar alternatif yang terbarukan. Bahan baku pembuatan FAME di Indonesia menggunakan crude palm oil (CPO). Selain dari CPO, tanaman lain yang berpotensi untuk bahan baku biodiesel antara lain tanaman jarak, jarak pagar, kemiri sunan, kemiri cina, nyamplung dan lain-lain.

Biodiesel mempunyai sifat-sifat kimia fisik yang mirip (meskipun tidak sama persis) dengan minyak solar sehingga bahan bakar campurannya dapat digunakan langsung pada mesin-mesin diesel tanpa adanya modifikasi. Secara umum biodiesel dapat terdegradasi dengan mudah (biodegradable) serta tidak mengandung senyawa aromatik dan sulfur sehingga emisi pembakarannya lebih ramah lingkungan dibandingkan minyak Solar. Beberapa karakteristik dan parameter kualitas biodiesel (stabilitas oksidasi, titik tuang, titik kabut, bilangan iod, angka setana) sangat dipengaruhi oleh komposisi asam-asam lemak (jenuh dan tidak jenuh) pada minyak nabati bahan mentahnya. Karena karakteristik minyak bahan mentahnya, biodiesel di Indonesia umumnya memiliki angka setana lebih tinggi dari minyak solar. Berikut Formula dari FAME :



2.2.1 Kandungan FAME

Tabel 2.2 Perbandingan Sifat Bahan Bakar

Perbandingan	FAME	Diesel
Density at 20 °C [kg/l]*	0.88	0.83
Lower heating value [MJ/kg]*	37.	43.1
Viscosity at 20 °C [mm ² / s]*	7.5	5.0
Cetane number*	56	50
Fuel equivalence*	0.91	1

Perbandingan	FAME	Diesel
GHG [gCO ₂ eq/MJ]**	Rape seed biodiesel: 46 Limbah biodiesel nabati atau minyak hewani: 10 Biodiesel minyak sawit (proses tidak ditentukan): 54	

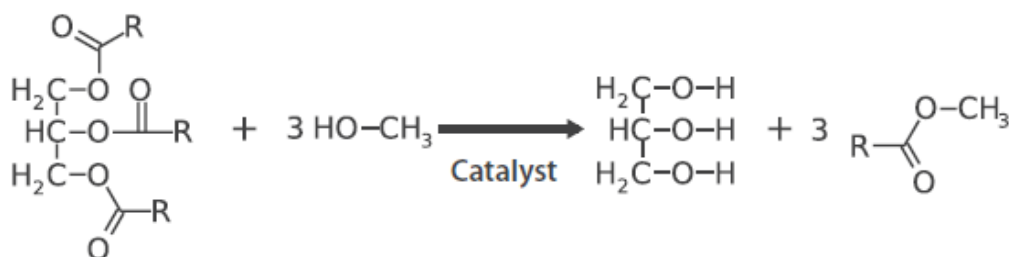
Sumber: FNR 2012. * Nilai median digunakan untuk penyederhanaan. Silakan merujuk ke standar untuk rentang. ** Petunjuk 2009/28 / EC, total untuk budidaya, pemrosesan, transportasi dan distribusi

1. Pemanfaatan : Pengganti diesel; bahan bakar transportasi; bahan bakar pembangkit listrik
2. Peraturan bahan bakar yang relevan : EN14214 (spesifikasi Biodiesel), ASTM D 6751, EN590
3. Bahan baku utama : Biji minyak (pemeriksaan, bunga matahari, kedelai, kelapa sawit), minyak goreng bekas, limbah lemak hewani
4. Skala Produksi : Skala industri

2.2.2 Proses Pembuatan FAME

FAME diproduksi dari minyak nabati, lemak hewani atau minyak jelantah dengan transesterifikasi. Dalam proses transesterifikasi, gliserida bereaksi dengan alkohol dengan adanya katalis, membentuk campuran ester asam lemak dan alkohol. Menggunakan trigliserida menghasilkan produksi gliserol.

Transesterifikasi adalah reaksi reversibel dan dilakukan dengan mencampur reaktan. Basa kuat atau asam kuat dapat digunakan sebagai katalis. Pada skala industri, natrium atau kalium metanolat banyak digunakan. Reaksi berikut terjadi:



Gambar 2.1 Reaksi pada Proses Transesterifikasi

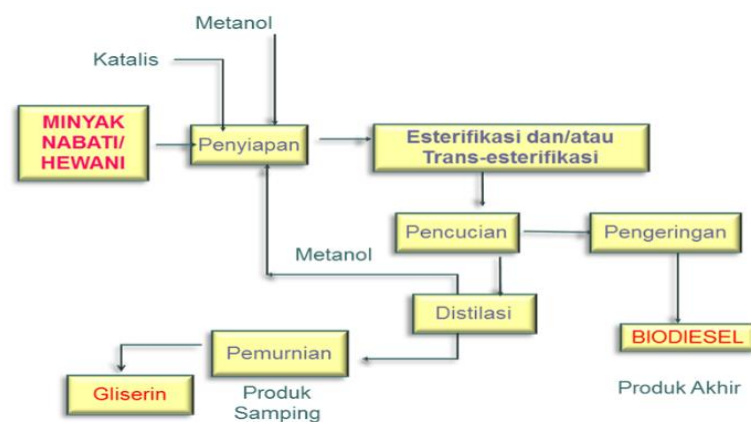
Produksi biodiesel relatif sederhana dari sudut pandang teknis, juga memungkinkan pembangunan unit produksi kecil yang terdesentralisasi tanpa biaya tambahan yang berlebihan. Ini membatasi kebutuhan untuk mengangkut bahan baku jarak jauh dan memungkinkan operasi untuk memulai dengan instalasi berukuran sedang.

Rapeseed, sunflower, kedelai, minyak kelapa sawit, UCO dan lemak hewani adalah bahan baku yang paling umum digunakan untuk produksi biodiesel. Menggunakan metanol dalam proses transesterifikasi memiliki keuntungan bahwa gliserol yang dihasilkan dapat dipisahkan secara bersamaan selama proses transesterifikasi. Ketika menggunakan etanol selama proses tersebut, etanol perlu bebas air dan minyak harus memiliki kadar air yang rendah juga untuk mencapai pemisahan gliserol yang mudah.

Produk akhir dari proses transesterifikasi adalah biodiesel mentah dan gliserol mentah. Setelah langkah pembersihan, biodiesel diproduksi. Gliserol yang dimurnikan dapat digunakan dalam industri makanan dan kosmetik, serta dalam industri oleokimia. Gliserol juga dapat digunakan sebagai substrat untuk pencernaan anaerob.

Apabila kandungan asam lemak bebas minyak nabati $> 5\%$, maka terlebih dahulu dilakukan reaksi esterifikasi. Selain dari proses esterifikasi/ transesterifikasi dapat juga dilakukan dengan konversi enzimatik. Jenis minyak nabati biasanya menentukan reaksi mana yang digunakan, esterifikasi atau trans-esterifikasi. Esterifikasi umumnya digunakan apabila kandungan asam lemak bebas (free fatty acid/FFA) dalam minyak nabati tinggi, sedangkan untuk trans-esterifikasi dengan kondisi sebaliknya.

Skema proses produksi biodiesel sebagai berikut:



Gambar 2.2 Proses Pembuatan FAME

2.3 Armada yang digunakan

2.3.1 Kapal Tanker

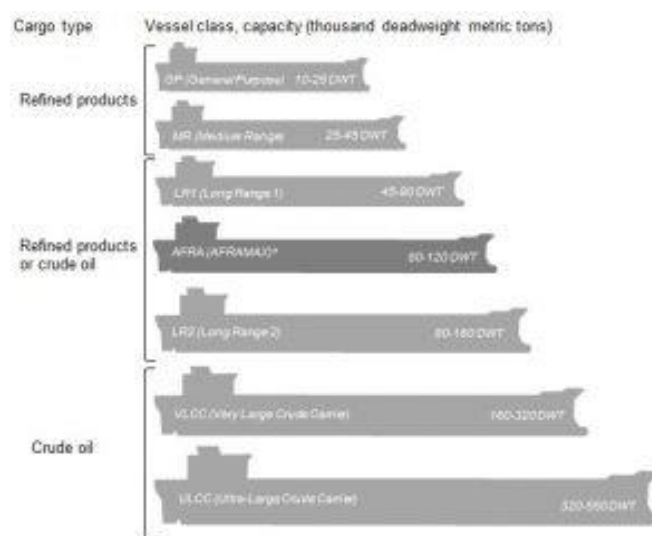
Secara umum, kapal tanker terdiri dari dua jenis: product tanker dan crude carrier. Di luar itu, ada jenis tanker yang lebih khusus seperti chemical tanker, gas carrier dan asphalt/bitumen carrier. Sampai tahun 2016, terdapat 7.065 buah Oil Tanker di dunia (Statistika.com).

1. Product tanker

Minyak mentah diolah menjadi berbagai produk minyak. Produk minyak yang ringan seperti bensin, minyak tanah, dan gasoil, disebut clean product. Sedangkan yang lebih berat seperti minyak bakar (oil fuel) dan residu disebut dirty product. Product Tanker terbagi menjadi beberapa jenis berdasarkan ukuran dan muatannya (clean atau dirty product). Clean Product Tanker dapat mengangkut sebagian dirty product (kecuali jenis minyak yang paling berat), sedangkan Dirty Product Tanker tidak dapat memuat clean product.

Tangki pada Clean Product Tanker dilapisi bahan khusus (coating) untuk mencegah korosi dan harus selalu dibersihkan terlebih dahulu sebelum pemuatan. Clean Product Tanker memiliki sistem pemisah sehingga dapat memuat cargo yang berbeda tanpa resiko bercampur. Tanki pada Dirty Product Tanker tidak dilapisi bahan khusus dan tidak memiliki sistem pemisahan, namun dilengkapi koil pemanas untuk mencegah pembekuan produk minyak yang memiliki densitas besar.

2. Crude Carrier



Gambar 2.3 Kategori Ukuran Tanker (U.S. Energy Information Administration)

Cargo curah cair yang dibawa oleh Crude Carrier umumnya homogen. Perbedaan kualitas minyak mentah tidak berpengaruh karena pada akhirnya akan diolah di tahap berikutnya. Ukuran Crude Carrier mulai dari 50,000 MT dwt hingga sekitar 500,000 MT dwt. Berdasarkan ukurannya, baik product tanker and crude carrier dapat dikelompokkan sebagai berikut.

General Purpose tanker. Biasanya digunakan mengangkut refined product, berukuran 10,000 MT hingga 25,000 MT dwt. Handysize tanker: Digunakan untuk mengangkut refined product, ukurannya 25,000 MT hingga 40,000 MT dwt. MR (Medium Range) tanker, Digunakan untuk mengangkut refined product, dengan ukuran 40,000 MT hingga 55,000 MT dwt.



Sumber: (Foto: Georgi Minev)

Gambar 2.4 TI ASIA DWT:441.893 vs EAGLE OTOME DWT:95663

LR1 (Long Range 1) tanker. Bisa membawa refined products and crude oil. Tanker kategori ini yang mengangkut dirty product biasanya disebut panamax tankers. LR1 and panamax tanker memiliki bobot mati 55,000 MT hingga 80,000 MT. LR2 (Long Range 2) tankers. Jenis ini membawa product dan crude oil. Ukurannya berkisar 80,000 MT dwt -160,000 MT dwt. Tanker pengangkut crude oil biasanya disebut Aframax tanker (80,000 MT -120,000 MT dwt) dan Suezmax tanker (120,000 MT – 160,000 MT dwt). Very Large Crude Carrier (VLCC) and Ultra Large Crude Carrier (ULCC). Tanker ini hanya pengangkut minyak mentah. Ukuran VLCC adalah 320,000 MT dan ULCC sebesar 550,000 MT dwt.

3. Chemical tanker



Gambar 2.5 Desain Chemical Tanker

Kapal tanker kimia adalah kapal kargo yang dibangun atau disesuaikan dan digunakan untuk mengangkut bahan kimia cair dalam bentuk curah. Kapal tanker kimia diharuskan mematuhi berbagai aspek keselamatan yang diuraikan dalam Bagian B dari SOLAS Bab VIII dan International Bulk Chemical Code (IBC Code). Kargo kimia curah cair termasuk jenis muatan yang berbahaya, sebagian besar mudah terbakar dan/atau beracun. IBC Code membagi kapal tanker kimia dalam tiga jenis berdasarkan kapabilitasnya mengangkut bahan kimia, yaitu ST1, ST2, dan ST3.



Gambar 2.6 Chemical Tanker

Untuk distribusi FAME pada penelitian ini, moda yang digunakan adalah kapal tanker yang khusus untuk mengangkut muatan berbahaya seperti bahan kimia cair berbentuk curah, yaitu chemical tanker. Chemical tanker sering disebut dengan nama parcel tanker, umumnya kapal jenis ini memiliki ukuran yang kecil, sekitar 5.000 ton dwt hingga 25.000 ton dwt. Namun, terdapat sejumlah chemical tanker yang mempunyai ukuran mencapai 50.000 ton dwt. Alasan kapal jenis ini berukuran kecil adalah

menyesuaikan jenis muatan dan keterbatasan pelabuhan untuk melaksanakan proses bongkat-muat.

Umumnya, chemical tanker dibuat dengan lapisan zinc paint dan phenolic epoxy sehingga mencegah reaksi kimia pada lambung kapal, pada beberapa kasus terdapat pula kapal yang dilapisi dengan stainless steel untuk mengangkut cairan dengan kandungan acid yang tinggi. Adapun, setiap tangki dilengkapi dengan sistem pompa dan pipa tersendiri sehingga isi tangki bisa dimuat dan dikeluarkan secara terpisah untuk mencegah kontaminasi antar bahan kimia.

Bahan kimia yang umum dimuat dengan chemical tanker, seperti propene oxide, anhydrous ammonia, methyl chloride, ethane, dimethylamine, acid, beer, wine dan cairan lain yang mengandung alkohol.

2.4 Pelabuhan

Tempat yang digunakan sebagai pintu penghubung antara tempat yang satu dengan yang lain. Tempat yang terdiri dari daratan dan perairan yang berada di sekitarnya dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan mengirim dan menerima barang dan digunakan sebagai tempat pengembangan ekonomi di satu daerah karena dapat digunakan sebagai tempat kapal sandar, labuh, naik turun penumpang dan proses bongkar muat muatan yang berada di kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan pelayaran dan kegiatan penunjang pelabuhan serta sebagai perpindahan antar moda transportasi (Peraturan Pemerintah Nomor 61 Tahun 2009). Dalam pelabuhan terdapat beberapa jenis pelabuhan. Pembagian pelabuhan menurut PP No. 69 Tahun 2001 sebagai berikut :

a) Pelabuhan umum

Pelabuhan umum yang digunakan untuk melayani kepentingan umum. Penyelenggaraan pelabuhan umum dilakukan oleh Pemerintah dan pelaksanaannya dapat dilimpahkan kepada badan usaha milik negara yang didirikan dengan maksud tertentu.

b) Pelabuhan khusus

Pelabuhan yang digunakan untuk kepentingan sendiri guna menunjang kegiatan tertentu, baik instansi pemerintah, seperti TNI AL dan Pemda Dati I/Dati II, maupun badan usaha swasta seperti, pelabuhan khusus P.T. BOGASARI yang digunakan untuk bongkar muat tepung terigu atau LNG Arun di Aceh yang digunakan untuk mengirimkan hasil produksi gas alam cair ke suatu daerah dalam

NKRI atau luar negeri. Pelabuhan ini tidak boleh digunakan untuk kepentingan umum, kecuali dalam keadaan tertentu dengan ijin pemerintah.

Sedangkan jika ditinjau dari segi pengusahaannya, pelabuhan dibagi menjadi beberapa macam yaitu :

a) Pelabuhan Ikan

Pada umumnya pelabuhan ikan tidak memerlukan kedalaman yang besar karena kapal - kapal motor yang digunakan untuk menangkap ikan tidak besar. Pada umumnya, nelayan - nelayan di Indonesia masih menggunakan kapal kecil. Jenis kapal kecil ini bervariasi dari yang sederhana berupa jukung sampai kapal motor. Pelabuhan ikan dibangun disekitar daerah perkampungan nelayan. Pelabuhan ini harus lengkap dengan pasar lelang, pabrik/gudang es, persediaan bahan bakar, dan juga tempat cukup luas untuk perawatan alat - alat penangkap ikan.

b) Pelabuhan Minyak

Untuk keamanan, pelabuhan minyak harus diletakkan agak jauh dari keperluan umum. Pelabuhan minyak biasanya tidak memerlukan dermaga atau pangkalan yang harus dapat menahan muatan vertikal yang besar, melainkan cukup membuat jembatan perancah atau tambahan yang dibuat menjorok ke laut untuk mendapatkan kedalaman air yang cukup besar. Bongkar muat dilakukan dengan pipa - pipa dan pompa.

c) Pelabuhan Barang

Pelabuhan ini mempunyai dermaga yang dilengkapi dengan fasilitas untuk bongkar muat barang. Pelabuhan dapat berada di pantai atau estuari dari sungai besar. Daerah perairan pelabuhan harus cukup tenang sehingga memudahkan bongkar muat barang. Pelabuhan barang ini bisa digunakan baik Pemerintah maupun swasta untuk keperluan transportasi hasil produksinya seperti baja, alumunium, pupuk, batu bara, minyak, dan sebagainya.

d) Pelabuhan Penumpang

Pelabuhan penumpang tidak banyak berbeda dengan pelabuhan barang. Pada pelabuhan barang di belakang dermaga terdapat gudang - gudang sedangkan untuk pelabuhan penumpang dibangun stasiun penumpang yang melayani segala kegiatan yang berhubungan dengan kebutuhan orang yang bepergian, seperti kantor imigrasi, keamanan, direksi pelabuhan, maskapai pelayaran, dan sebagainya.

e) Pelabuhan Campuran

Pada umumnya penggunaan fasilitas pelabuhan ini terbatas untuk penumpang dan barang. Untuk keperluan minyak dan ikan biasanya terpisah. Bagi pelabuhan kecil atau masih dalam taraf perkembangan, keperluan untuk bongkar muat minyak juga masih menggunakan dermaga atau jembatan.

f) Pelabuhan Militer

Pelabuhan ini mempunyai daerah perairan yang cukup luas untuk memungkinkan gerakan cepat dari kapal - kapal perang dan supaya letak bangunan cukup terpisah. Konstruksi tambatan maupun dermaga hampir sama dengan pelabuhan barang, tetapi situasi dan perlengkapan sedikit berbeda. Pada pelabuhan barang, letak/kegunaan bangunan harus seefisien mungkin, sedangkan pada pelabuhan militer bangunan - bangunan pelabuhan harus terpisah dengan jarak yang lebih jauh.

g) Pelabuhan Hewan

Pada umumnya pelabuhan hewan adalah pelabuhan yang melayani bongkar muat hewan ternak seperti sapi, kerbau dll. Dalam pelabuhan hewan ini fasilitas yang diperlukan adalah fasilitas bongkar muat yang sesuai dengan alat yang di butuhkan dalam proses bongkar muat tersebut.

2.4.1 Terminal Pelabuhan

Pelabuhan memiliki dua macam fasilitas yaitu fasilitas darat dan fasilitas laut. Pada fasilitas darat ini salah satunya adalah terminal pelabuhan. Masing-masing terminal mempunyai bentuk dan fasilitas yang berbeda. Terminal barang (*general cargo terminal*) harus mempunyai perlengkapan bongkar muat berbagai bentuk barang yang berbeda. Terminal barang curah biasanya direncanakan untuk tunggal guna dan mempunyai peralatan bongkar muat untuk muatan curah. Demikian juga terminal peti kemas. Berbagai jenis terminal tersebut dapat berada dalam satu pelabuhan, serta letak antara terminal satu dengan lainnya dapat berdampingan.

Ada beberapa jenis terminal di pelabuhan yang memiliki fungsi yang berbeda, diantaranya adalah :

a) Terminal Barang Potongan (*General Cargo Terminal*)

Terminal ini memiliki fungsi sebagai tempat proses bongkar muat muatan pada kapal yang bermuatan barang potongan, yang pada umumnya dibutuhkan beberapa fasilitas-fasilitas diantaranya yaitu :

1. *Apron Area*

Apron area adalah halaman di atas dermaga yang terbentang di sisi muka dermaga sampai gudang laut atau lapangan penumpukan terbuka. Apron digunakan untuk menempatkan barang yang akan dinaikkan ke kapal atau barang yang baru saja diturunkan dari kapal. Bentuk apron tergantung pada jenis muatan, apakah barang potongan, curah, atau peti kemas. Biasanya lebar apron adalah 15 - 25 m.

2. Gudang Laut dan Lapangan Penumpukan Terbuka

Gudang laut (disebut juga gudang pabean, gudang linie ke-I, gudang transit) adalah gudang yang berada di tepi perairan pelabuhan dan hanya dipisahkan dari air laut oleh dermaga pelabuhan. Gudang laut hanya menyimpan barang - barang untuk sementara waktu sambil menunggu pengangkutan lebih lanjut ke tempat tujuan akhir.

3. Gudang (*warehouse*)

Gudang (*warehouse*) digunakan untuk menyimpan barang - barang dalam waktu yang lama. Gudang ini dibuat agak jauh dari dermaga.

4. Bangunan Pendingin (*cold storage*)

Bangunan pendingin di pelabuhan diperlukan sebelum barang komoditas yang didinginkan didistribusikan ke tempat tujuan dengan kereta api atau truk yang sudah disediakan system pendinginan tertentu. Barang - barang komoditas yang perlu pendinginan adalah ikan, daging, buah - buahan, dan sayur.

b) Terminal Barang Curah (*bulk cargo terminal*)

Pada terminal curah ini memiliki fungsi sebagai tempat yang digunakan untuk proses bongkar muat barang curah pada kapal. Untuk muatan curah sendiri dapat dibedakan menjadi beberapa jenis diantaranya yaitu muatan lepas yang berupa hasil tambang seperti batu bara, biji besi, bauxite, dan hasil pertanian seperti beras, gula, jagung, dan sebagainya, serta muatan cair yang diangkut dalam kapal tangki seperti minyak bumi, minyak kepala sawit, bahan kimia cair, dan sebagainya.

Terminal muatan curah harus dilengkapi dengan fasilitas penyimpanan muatan. Jenis fasilitas penyimpanannya tergantung pada jenis muatannya, yang dapat berupa lapangan untuk mengangkut muatan, tangki - tangki untuk minyak, silo atau gudang untuk material yang memerlukan perlindungan terhadap cuaca, atau lapangan terbuka untuk menimbun batu bara, bijih besi, dan bauksit.

c) Terminal Peti Kemas

Pengiriman barang dengan menggunakan peti kemas telah banyak dilakukan dan volumenya terus meningkat dari tahun ke tahun. Pengangkutan dengan menggunakan peti kemas memungkinkan barang - barang digabung menjadi satu dalam peti kemas sehingga aktivitas bongkar muat dapat dimekanisasikan. Hal ini dapat meningkatkan jumlah muatan yang bisa ditangani sehingga waktu bongkar muat menjadi lebih cepat.

d) Terminal Khusus

Terminal yang terletak di luar daerah lingkungan kerja dan daerah lingkungan kepentingan pelabuhan yang merupakan bagian dari pelabuhan terdekat untuk melayani kepentingan sendiri sesuai dengan usaha pokoknya.

2.4.2 Dermaga

Dermaga adalah salah satu bagian tempat yang berada pada pelabuhan yang berfungsi sebagai tempat merapat, sandar dan menambatkan kapal yang akan melakukan proses bongkar muat barang maupun untuk menaik dan menurunkan penumpang. Dermaga juga memiliki fungsi sebagai tempat pengisian bahan bakar kapal, air minum, air bersih, saluran untuk air limbah yang akan di proses lebih lanjut di pelabuhan. Dimensi dermaga didasarkan pada jenis dan ukuran kapal yang merapat dan bertambat pada dermaga tersebut. Menurut Triatmodjo (1996) dermaga dapat dibedakan menjadi dua tipe yaitu wharf atau quay dan jetty atau pier atau jembatan. Wharf adalah dermaga yang paralel dengan pantai dan biasanya berimpit dengan garis pantai. Jetty adalah dermaga yang menjorok ke laut. Sebelum merancang dan membangun dermaga, perlu diketahui untuk keperluan apa dermaga tersebut didirikan. Untuk melakukan proses aktivitas bongkar muat muatan, hal yang terpenting salah satunya adalah dermaga. Dermaga memiliki beberapa bentuk diantaranya yaitu :

1. Dermaga *Quay Wall*

Pada dermaga *quay wall* terdiri dari struktur yang sejajar pantai, berupa tembok yang berdiri di atas pantai, dan dapat dibangun dengan beberapa pendekatan konstruksi diantaranya *sheet pile* baja/beton, caisson beton atau open filled structure. Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam pembangunan dermaga quay wall, diantaranya adalah :

- Dermaga *quay wall* adalah dermaga yang dibuat sejajar pantai dan relatif berhimpit dengan pantai (kemiringan pantai curam).

- Konstruksi dermaga biasanya dibangun langsung berhimpit dengan areal darat.
- Kedalaman perairan cukup memadai dan memungkinkan bagi kapal merapat dekat sisi darat (pantai). Kedalaman perairan tergantung kepada ukuran kapal yang akan berlabuh pada dermaga tersebut.
- Kondisi tanah yang cukup keras.
- Pasang surut tidak mempengaruhi pada pemilihan tipe struktur tetapi berpengaruh pada detail dimensi struktur yang dibutuhkan.

2. Dermaga Dolphin (*Trestel*)

Dermaga dolphin merupakan tempat sandar kapal berupa dolphin diatas tiang pancang. Biasanya dilokasi dgn pantai yang landai, diperlukan jembatan trestel sampai dengan kedalaman yang dibutuhkan. Beberapa pertimbangan yang digunakan dalam pembangunan dermaga dolphin:

- Dermaga dolphin adalah sarana tambat kapal yang fasilitas bongkar muatnya ada di haluan atau buritan.
- Jarak kedalaman perairan yang disyaratkan dari pantai relatif cukup panjang.
- Terdapat konstruksi tambahan berupa jembatan dermaga (*trestel*), tanggul atau dapat juga keduanya.
- Posisi *breasting* berfungsi utama sebagai sarana sandar kapal, tapi juga dapat berfungsi sebagai sarana tambat kapal jika dipasang *bollard*, sedangkan mooring dolphin berfungsi menahan kapal sehingga tetap berada pada posisi sandar.
- Sarana tambat yang akan direncanakan terdiri dari struktur *breasting* dan mooring yang dihubungkan dengan *catwalk*.
- Pasang surut tidak mempengaruhi pada pemilihan tipe struktur tetapi berpengaruh pada detail dimensi struktur yang dibutuhkan.

3. Dermaga Apung (*Jetty*)

Dermaga apung adalah tempat untuk menambatkan kapal pada suatu ponton yang mengapung diatas air. Digunakannya ponton adalah untuk mengantisipasi air pasang surut laut, sehingga posisi kapal dengan dermaga selalu sama, kemudian antara ponton dengan dermaga dihubungkan dengan suatu landasan/jembatan yang fleksibel ke darat yang bisa mengakomodasi pasang surut laut.



Sumber: Badan standarisasi nasional 2018

Gambar 2.7. Dermaga Apung

Biasanya dermaga apung digunakan untuk kapal kecil atau feri seperti yang digunakan di dermaga penyeberangan yang banyak ditemukan di sungai-sungai yang mengalami pasang surut. Ada beberapa jenis bahan yang digunakan untuk membuat dermaga apung seperti :

- Dermaga ponton baja yang mempunyai keunggulan mudah untuk dibuat tetapi perlu perawatan, khususnya yang digunakan di muara sungai yang airnya bersifat lebih korosif.
- Dermaga ponton beton yang mempunyai keunggulan mudah untuk dirawat sepanjang tidak bocor.
- Dermaga ponton dari kayu gelondongan, yang menggunakan kayu gelondongan yang berat jenisnya lebih rendah dari air sehingga bisa mengapungkan dermaga.

Dermaga ponton dari bahan HDPE atau dikenal dengan Dermaga Apung HDPE yang dapat berupa kubus apung atau pipa (*silinder*) yang merupakan inovasi terbaru menggantikan ketiga ponton di atas karena lebih tahan lama dan tidak merusak lingkungan/Ramah Lingkungan (*Green Technology*).

2.4.3 Fasilitas Pelabuhan

Alur pelayaran digunakan untuk mengarahkan kapal yang keluar masuk pelabuhan. Penentuan dimensi (lebar dan kedalaman) alur pelayaran dipengaruhi oleh:

- Karakteristik maksimum kapal yang akan menggunakan pelabuhan
- Mode operasional alur pelayaran satu arah/dua arah

- Kondisi batimetri, pasang surut, angin dan gelombang yang terjadi
- Kemudahan bagi navigasi untuk melakukan gerakan *maneuver*

Panjang alur masuk dihitung mulai dari posisi kapal mengurangi kecepatan sampai memasuki *turning basin area* (*stopping distance*, S_d). Menurut rekomendasi PIANC, panjang alur minimal untuk kondisi kapal ± 10.000 DWT dengan kecepatan maksimum 5 knots, adalah $1 \times$ Loa kapal, dengan Loa digunakan dari kapal rencana terbesar. Panjang alur ini akan digunakan juga sebagai panjang minimal dari ujung mulut *breakwater* hingga *turning basin area*. Belum ada persamaan baku yang digunakan untuk menghitung lebar alur tetapi telah ditetapkan berdasarkan lebar kapal dan faktor – faktor yang ada. Jika kapal bersimpangan maka lebar alur yang digunakan minimal adalah 3 – 4 lebar kapal. Penentuan lebar alur dipengaruhi beberapa faktor :

- Lebar, kecepatan dan gerakan kapal
- Lalu lintas kapal dan kedalaman alur
- Angin, gelombang dan arus.

Kolam putar (*turning basin*) dibutuhkan sebagai area untuk manuver kapal sebelum dan sesudah bertambat. Kawasan kolam ini merupakan tempat kapal melakukan gerakan memutar untuk berganti haluan. Area ini harus di desain sedemikian rupa sehingga memberikan ruang yang cukup luas dan nyaman. Dasar pertimbangan perancangan kolam putar:

1. Perairan harus cukup tenang
2. Lebar dan kedalaman perairan kolam disesuaikan dengan fungsi dan kebutuhan kapal yang menggunakannya.
3. Kemudahan gerak (manuver) kapal.

Ukuran kolam putar pelabuhan menurut *Design and Construction of Port and Marine Structure*, Alonzo Def. Quinn, 1972, hal 91 sebagai berikut:

- Ukuran diameter *turning basin* optimum untuk melakukan manuver berputar yang mudah adalah $4 \times$ Loa.
- Ukuran diameter *turning basin* menengah adalah $2 \times$ Loa, manuver kapal saat berputar lebih sulit dan membutuhkan waktu yang lebih lama.
- Ukuran diameter *turning basin* kecil adalah $< 2 \times$ Loa, untuk *turning basin* tipe ini, manuver kapal akan dibantu dengan jangkar dan *tugboat*/kapal pandu.

Ukuran diameter *turning basin* minimum adalah 1,2 x Loa, *maneuver* kapal harus dibantu dengan *tugboat*, jangkar dan *dolphin*. Kapal ini harus memiliki titik-titik yang pasti sebagai pola pergerakannya saat berputar.

2.5 Biaya Transportasi Laut

2.5.1 Biaya Modal (Capital Cost)

Biaya modal adalah harga kapal pada saat dibeli atau dibangun. Biaya modal disertakan dalam kalkulasi biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman dan pengembalian modal tergantung bagaimana pengadaan kapal tersebut. Pengembalian nilai kapital ini direfleksikan sebagai pembayaran tahunan.

2.5.2 Biaya Operasional (Operational Cost)

Biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan untuk aspek-aspek operasional sehari-hari kapal untuk membuat kapal selalu dalam keadaan siap berlayar. Biaya operasional terdiri dari gaji ABK, biaya perawatan dan perbaikan kapal, biaya perbekalan, minyak pelumas, asuransi dan administrasi.

$$OC = M + ST + MN + I + AD \qquad \textbf{Persamaan 2.1}$$

Keterangan:

OC = Operational Cost

M = Manning Cost (biaya ABK)

ST = Stores (biaya perbekalan)

MN = Maintenance and repair (biaya perawatan dan perbaikan)

I = Insurance (Biaya Asuransi)

AD = Administration (Biaya Administrasi)

1. Biaya ABK

Biaya ABK adalah biaya yang dikeluarkan untuk anak buah kapal. Biaya ini meliputi gaji pokok, tunjangan, asuransi sosial, dan uang pensiun. Besarnya biaya ABK ditentukan oleh jumlah dan struktur pembagian kerja, dalam hal ini tergantung pada ukuran-ukuran teknis kapal.

2. Biaya pemeliharaan dan perawatan kapal

Setiap kapal yang hendak berlayar maka kapal tersebut harus dalam keadaan siap dan baik. Maksudnya adalah kapal harus dapat mempertahankan kondisi sesuai dengan kebijakan perusahaan atau kLasifikasi dalam berlayar. Maka semua biaya untuk itu

diperhitungkan dan termasuk biaya operasional. Biaya ini terbagi menjadi 3 kategori, yaitu survey kLasifikasi, perawatan rutin dan perbaikan.

3. Biaya perbekalan dan minyak pelumas

Biaya perbekalan dan minyak pelumas Adalah biaya yang dikeluarkan untuk semua perbekalan dan persediaan untuk keperluan kapal dan keperluan crew. Cadangan perlengkapan untuk keperluan kapal bisa berupa cat, tali, dan peralatan kapal lainnya. Sedangkan cadangan keperluan untuk crew adalah biaya untuk bahan makanan, air tawar, dan sejenisnya.

4. Biaya asuransi

Biaya asuransi adalah biaya yang dikeluarkan untuk risiko pelayaran yang dilimpahkan ke perusahaan asuransi. Komponen biaya ini berbentuk pembayaran premi asuransi kapal yang besarnya tergantung kepada pertanggungan dan umur perusahaan asuransi. Adapun biaya untuk asuransi ini dibagi menjadi dua, yaitu hull and machinery insurance, protection and indemnity insurance.

5. Biaya Administrasi

Biaya administrasi adalah biaya pengurusan surat-surat kapal, biaya sertifikat dan pengurusannya, biaya pengurusan ijin kepelabuhan maupun fungsi administratif lainnya.

2.5.3 Biaya Pelayaran

Biaya pelayaran (Voyage cost) adalah biaya-biaya variabel yang dikeluarkan kapal untuk kebutuhan selama pelayaran. Komponen-komponen biaya pelayaran adalah biaya bahan bakar untuk mesin induk, mesin bantu, biaya pelabuhan, biaya pandu, dan biaya tunda.

$$VC = FC + PD + TP \qquad \textbf{Persamaan 2.2}$$

Keterangan:

VC = Voyage Cost

FC = Fuel Cost

PD = Port Dues atau ongkos pelabuhan

TP = Pandu atau Tunda

2.5.4 Biaya Bahan Bakar

Konsumsi bahan bakar kapal tergantung pada beberapa variabel seperti ukuran kapal, bentuk dan kondisi lambung, pelayaran bermuatan atau ballast, kecepatan kapal, cuaca, jenis dan kapasitas mesin induk dan motor bantu, dan kualitas bahan bakar. Biaya bahan bakar tergantung pada konsumsi harian bahan bakar selama berlayar di laut dan di

pelabuhan serta harga bahan bakar (Nur 2014). Jenis bahan bakar yang dipakai oleh kapal ada 3 macam yaitu HSD, MDO, dan MFO.

2.5.5 Biaya Pelabuhan

Pada saat kapal berada di pelabuhan biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi port dues dan service charges. Port dues adalah biaya yang dikeluarkan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan dan infrastruktur lainnya yang besarnya tergantung volume cargo, berat cargo, gross tonnage kapal dan net tonnage kapal. Service charge meliputi jasa yang dipakai kapal selama di pelabuhan termasuk pandu dan tunda.

1. Jasa labuh

Jasa labuh dikenakan terhadap kapal yang menggunakan perairan pelabuhan. Tarif jasa labuh didasarkan pada gross register ton dari kapal yang dihitung per 10 hari.

2. Jasa tambat

Setiap kapal yang berlabuh di pelabuhan Indonesia dan tidak melakukan kegiatan, kecuali kapal perang dan kapal pemerintah Indonesia, akan dikenakan jasa tambat.

3. Jasa pemanduan

Setiap kapal yang berlayar dalam perairan pelabuhan waktu masuk, keluar, atau pindah tambatan wajib mempergunakan pandu. Sesuai dengan tugasnya, jasa pemanduan ada dua jenis, yaitu:

- a. Pandu laut adalah pemanduan di perairan antara batas luar perairan hingga batas pandu bandar.
- b. Pandu bandar adalah pandu yang bertugas memandu kapal dari batas perairan bandar hingga kapal masuk di kolam pelabuhan dan sandar di dermaga.

2.5.6 Biaya Bongkar Muat

Biaya bongkar muat (Cargo handling cost) adalah biaya untuk proses pemindahan muatan dari kapal ke pelabuhan dan dari pelabuhan ke kapal baik di pelabuhan asal maupun pelabuhan tujuan. Biaya ini dipengaruhi oleh jenis dan volume muatan, design kapal dan alat bongkar muat yang digunakan. Kegiatan yang dilakukan dalam kegiatan bongkar muat pada umumnya berupa stevedoring, cargodoring, receiving/delivery. Kegiatan tersebut dilakukan oleh perusahaan bongkar muat (PBM) sesuai dengan keputusan menteri perhubungan nomor: KM 14 tahun 2002 Tentang Penyelenggaraan dan Pengusahaan Bongkar Muat barang dari dan ke kapal, adapun istilah dalam kegiatan bongkar muat dijelaskan sebagai berikut:

1. *Stevedoring* adalah pekerjaan membongkar barang dari kapal ke dermaga/ tongkang/ truk atau memuat barang dari dermaga/ tongkang/ truk ke dalam kapal sampai dengan tersusun dalam palka kapal dengan menggunakan derek kapal atau derek darat.
2. *Cargodoring* adalah pekerjaan melepaskan barang dari tali/ jala-jala (ex tackLe) di dermaga dan mengangkut dari dermaga ke gudang/ lapangan penumpukan barang selanjutnya menyusun di gudang/ lapangan penumpukan barang atau sebaliknya.
3. *Receiving/delivery* adalah pekerjaan memindahkan barang dari timbunan/ tempat penumpukan di gudang/ lapangan penumpukan dan menyerahkan sampai tersusun di atas kendaraan di pintu gudang/ lapangan penumpukan atau sebaliknya.
4. Perusahaan bongkar muat (PBM) adalah badan hukum Indonesia yang khusus didirikan untuk menyelenggarakan dan mengusahakan kegiatan bongkar muat barang dari dan ke kapal.
5. Tenaga kerja bongkar muat adalah semua tenaga kerja yang terdaftar pada pelabuhan setempat yang melakukan kegiatan bongkar muat di pelabuhan.

2.5.7 Biaya Total (Total Cost)

Biaya Total (Total Cost) adalah biaya keseluruhan yang dikeluarkan atau diperlukan untuk produksi semua barang. Dalam penelitian ini produksi yang dimaksud adalah pengiriman, sehingga Total cost dalam penelitian ini adalah besar biaya (cost) yang dibutuhkan untuk mengirim semua barang dari asal (origin) ke tujuan (destination). Untuk menentukan total cost perlu diketahui besar biaya-biaya yang mempengaruhi pengiriman ini.

$$TC = CC + VC + CHC + PD \qquad \text{Persamaan 2.3}$$

Keterangan:

TC = *total cost*

CC = *capital cost*

VC = *voyage cost*

CHC = *cargo handling cost*

PD = *port dues*

2.5.8 Biaya per Satuan Unit (Unit Cost)

Biaya satuan (unit cost) adalah biaya yang dikeluarkan atau diperlukan untuk produksi satu barang. Dalam penelitian ini produksi yang dimaksud adalah pengiriman, sehingga unit cost dalam penelitian ini adalah besar biaya (cost) yang dibutuhkan untuk

mengirim satu barang dari asal (origin) ke tujuan (destination). Untuk menentukan unit cost perlu diketahui total biaya yang mempengaruhi pengiriman ini.

$$UC = TC/TO \qquad \text{Persamaan 2.4}$$

Keterangan:

UC = *unit cost*

TC = *total cost*

TO = *total output* (jumlah barang keseluruhan yang dikirim).

2.6 Peramalan

Peramalan adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang apa yang mungkin terjadi dimasa yang akan datang berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki agar kesalahannya dapat diperkecil. Prosedur peramalan formal menggunakan pengalaman pada masa lalu untuk menentukan kejadian dimasa yang akan datang (Lusi,2007). Asumsi yang digunakan bahwa apa yang pernah terjadi dimasa lalu akan terjadi lagi dimasa yang akan datang dengan pola yang sama atau mirip. Adapun langkah-langkah untuk memperoleh gambaran kondisi tersebut adalah sebagai berikut :

1. Tahap pengumpulan data yang tepat dalam jumlah yang cukup, karena data yang kurang akan sulit untuk menentukan pola perubahannya.
2. Mereduksi data dengan penyaringan untuk memperoleh data yang relevan.
3. Membangun dan mengevaluasi model agar kesalahan dalam peramalan dapat diminimalisir.
4. Melakukan peramalan dengan metode tersebut.

2.6.1 Metode Peramalan Kuantitatif

Peramalan kuantitatif dapat diterapkan bila terdapat tiga kondisi sebagai berikut: tersedia informasi tentang masa lalu, informasi tersebut dapat dikuantitatifkan dalam bentuk data numerik, dapat diasumsikan bahwa beberapa aspek pola masa lalu terus berlanjut di masa mendatang (Martiningtyas,2004). Dalam peramalan suatu keadaan dengan menggunakan data historis tanpa menghiraukan pengaruh atau hubungan dengan variabel lainnya, metode peramalan yang biasa digunakan adalah metode kuantitatif statistik yaitu dengan melihat pola perubahan data dari waktu ke waktu (Makridakis, 2010). Terdapat beberapa metode peramalan kuantitatif statistik sebagai berikut :

1. *Time Series Forecast*. Peramalan dilakukan dengan menggunakan data historis dalam beberapa tahun terakhir dengan asumsi faktor yang mempengaruhi peramalan tetap dan hasil peramalan cenderung naik dari tahun ke tahun.

2. Metode *Moving Averages* (rata-rata bergerak). Peramalan dilakukan dengan mengambil sekelompok nilai pengamatan, mencari rata-ratanya, lalu menggunakan rata-rata tersebut sebagai ramalan untuk periode berikutnya. Metode ini meliputi *Single Moving Average* dan *Double Moving Average*.
3. Metode *Exponential Smoothing* yang juga meliputi metode *Single Exponential Smoothing*, *Double Exponential Smoothing* dan *Triple Exponential Smoothing*.
4. Metode dekomposisi didasarkan pada hal yang telah terjadi akan berulang kembali dengan pola yang sama. Metode dekomposisi mempunyai 4 (empat) komponen utama pola perubahan, yaitu Trend (T), Fluktuasi Musiman (M), Fluktuasi Siklik (S), dan perubahan yang bersifat Random (R).

2.7 Metode Nearest Neighbour

Metode Nearest Neighbor adalah metode heuristik yang digunakan dalam pemecahan masalah rute, pemecahan masalah dilakukan dengan memulai titik awal kemudian mencari titik terdekat. (Hutasoit, Susanty, & Imran, 2014)

Menurut (Madona et al., 2013) menjelaskan metode Nearest Neighbor, pemilihan lintasan akan dimulai pada lintasan yang memiliki nilai jarak paling minimum setiap melalui daerah, kemudian akan memilih daerah selanjutnya yang belum dikunjungi dan memiliki nilai minimum pula.

Langkah-langkah untuk menyelesaikan metode Nearest Neighbor adalah sebagai berikut:

1. Menentukan titik depot pusat dan outlet-outlet pengiriman,
2. Membuat matriks jarak, yang berfungsi untuk menggambarkan letak outlet yang akan dituju beserta jarak antar outlet,
3. Proses pengerjaan dengan melihat outlet dengan jarak terpendek. Setiap mencapai satu outlet, algoritma ini akan memilih outlet selanjutnya yang belum dikunjungi dan memiliki jarak yang paling minimum setelahnya, dan
4. Perhitungan nilai optimal dengan menjumlahkan jarak dari awal sampai akhir perjalanan.

Untuk mendapatkan letak lokasi pada koordinat cartesius pada proses pemetaan lokasi, maka dapat digunakan Persamaan 1 dan 2.

$$\text{Koord-Xi} = \text{Koord BTi} - \text{Koord BT0}$$

Persamaan 2.5

$$\text{Koord-Yi} = \text{Koord LS0} - \text{Koord LSi}$$

Persamaan 2.6

Pemetaan lokasi tersebut ditentukan bahwa lokasi depot (BT;LS) adalah sebagai titik pusat pada koordinat cartesius yaitu titik (0;0).

2.8 Metode Optimasi

Proses optimasi merupakan penerapan metode-metode ilmiah dalam masalah yang kompleks dan suatu pengolahan sistem manajemen yang besar, baik menyangkut manusia, mesin, bahan dan uang dalam industri, bisnis, pemerintahan dan pertahanan. Pendekatan ini menggabungkan dan menerapkan metode ilmiah yang sangat kompleks dalam suatu pengolahan manajemen dengan menggunakan faktor-faktor produksi yang ada dan digunakan secara efisien dan efektif untuk membantu pengambilan keputusan dalam kebijakan perusahaan. (Taha, 1992).

Proses optimasi berkaitan dengan pengambilan keputusan secara ilmiah dan bagaimana membuat suatu model yang baik dalam merancang dan menjalankan sistem yang melalui alokasi sumber daya yang terbatas. Inti dari beberapa kesimpulan di atas adalah bagaimana proses pengambilan keputusan yang optimal dengan menggunakan alat analisis yang ada dan adanya keterbatasan sumber daya. Beberapa metode dalam proses optimasi antara lain :

1. Linear Programming
2. Analisis Dualitas dan *Post Optimal (Duality and Post-Optimal Analysis)*
3. Metode Transportasi (*Transportation Method*)
4. Metode Jaringan Kerja (*Network Method*)
5. Metode Simpleks (*Simplex Method*)

Dalam melakukan suatu proses optimasi, terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan antara lain; variabel parameter, konstanta, batasan, dan fungsi objektif. Berbagai hal di atas nantinya berfungsi sebagai acuan dalam melakukan proses optimasi. Adapun penjelasannya adalah sebagai berikut:

1. Variabel merupakan harga-harga yang akan dicari dalam proses optimasi.
2. Parameter adalah harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimasi karena adanya syarat-syarat tertentu. Atau dapat juga suatu variabel yang diberi harga.
3. Batasan adalah harga-harga atau nilai-nilai batas yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, peraturan, atau syarat-syarat yang lain.

4. Fungsi objektif merupakan hubungan dari keseluruhan atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berbentuk linear, non linear, atau gabungan dari keduanya dengan fungsi yang lain.

Secara umum, fungsi atau persamaan dari suatu optimasi dapat dituliskan seperti berikut:

$$\mathbf{Min (Z) = X + Y \rightarrow \text{Fungsi Objektif}} \qquad \mathbf{\text{Persamaan 2.7}}$$

$$\mathbf{x_1 + x_2 \leq a} \qquad \mathbf{\text{Persamaan 2.8}}$$

$$\mathbf{x_2 \leq b} \qquad \mathbf{\text{Persamaan 2.9}}$$

Linear Programming adalah suatu teknis matematika yang dirancang untuk membantu manajer dalam merencanakan dan membuat keputusan dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai tujuan perusahaan. Tujuan perusahaan pada umumnya adalah memaksimalkan keuntungan, namun karena terbatasnya sumber daya, maka dapat juga perusahaan meminimalkan biaya. *Linear Programming* memiliki empat ciri khusus, yaitu:

1. Penyelesaian masalah mengarah pada pencapaian tujuan maksimisasi atau minimisasi.
2. Kendala yang ada membatasi tingkat pencapaian tujuan.
3. Ada beberapa alternatif penyelesaian. Hubungan matematis bersifat linear.

Secara teknis, ada lima syarat tambahan dari permasalahan linear programming yang harus diperhatikan yang merupakan asumsi dasar, yaitu:

1. *Certainty* (kepastian). Maksudnya adalah fungsi tujuan dan fungsi kendala sudah diketahui dengan pasti dan tidak berubah selama periode Analisis.
2. *Proportionality* (proporsionalitas). Yaitu adanya proporsionalitas dalam fungsi tujuan dan fungsi kendala.
3. *Additivity* (penambahan). Artinya aktivitas total sama dengan penjumlahan aktivitas individu.
4. *Divisibility* (bisa dibagi-bagi). Maksudnya solusi tidak harus merupakan bilangan integer (bilangan bulat), tetapi bisa juga berupa pecahan.
5. *Non-negative variable* (variabel tidak negatif). Artinya bahwa semua nilai jawaban atau variabel tidak negatif.

Dalam menyelesaikan permasalahan dengan menggunakan Linear Programming, ada dua pendekatan yang bisa digunakan, yaitu metode grafik dan metode simpleks. Metode grafik hanya bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel

keputusan sama dengan dua. Sedangkan metode simpleks bisa digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dimana variabel keputusan dua atau lebih.

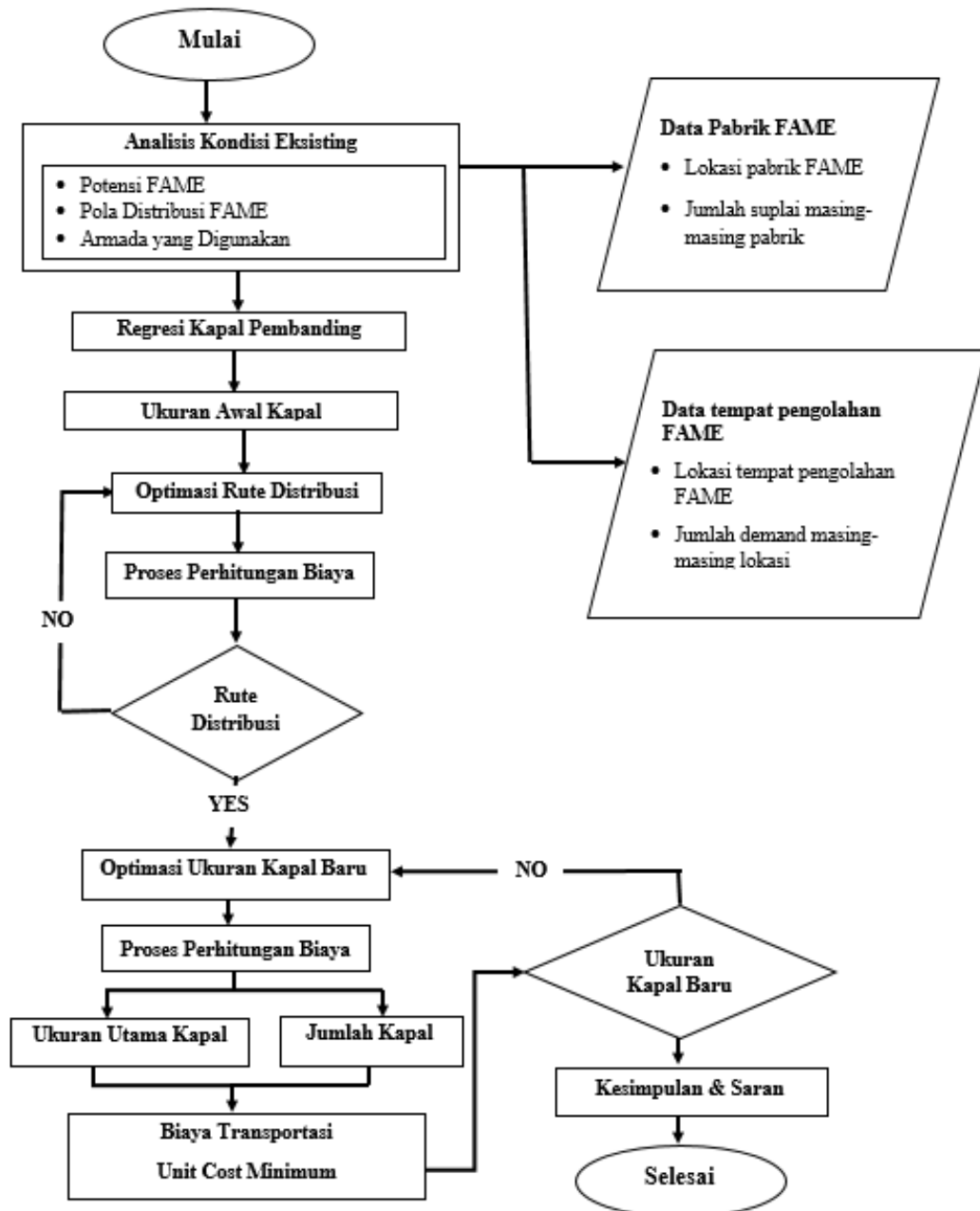
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir

Penelitian ini diawali dengan analisis kondisi eksisting melalui survey primer dan sekunder. Kemudian dilakukan analisis untuk menemukan perhitungan dan desain alat bongkar muat yang sesuai. Untuk lebih jelasnya, dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Sumber: Penulis, 2020

Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi

3.2 Tahap Pengerjaan

Metodologi penelitian adalah langkah-langkah dalam mengerjakan penelitian, berikut adalah penjelasannya

1. Analisis Kondisi Eksisting

Pada tahap ini dilakukan identifikasi kondisi saat ini bagaimana proses pendistribusian FAME, kapal apa yang di gunakan, lokasi asal dan tujuan pengiriman, jumlah suplai dan permintaan.

2. Tahap Identifikasi Permasalahan

Pada tahap ini dilakukan identifikasi permasalahan yang diangkat dalam penelitian. Permasalahan, diantara masalahnya adalah proses pendistribusian FAME dan ukuran kapal yang digunakan.

3. Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang terkait dengan permasalahan. Beberapa tinjauan pustaka yang digunakan adalah proses distribusi, perhitungan biaya transportasi, perhitungan ukuran kapal dan Metode Nearest Neighbour.

4. Analisis Potensi FAME

Pada Tahap ini dilakukan proyeksi potensi FAME, yang bertujuan untuk mengetahui perkembangan FAME kedepannya.

5. Tahap Perhitungan Biaya Transportasi

Dalam tahap ini dilakukan perhitungan biaya transportasi untuk mendapatkan biaya satuan tiap rute dan biaya angkut masing-masing tujuan dari setiap rute. Perhitungan biaya transportasi dilakukan pada ukuran kapal hasil regresi dan optimasi.

6. Tahap Penentuan Rute Distribusi

Pada tahap ini dilakukan penentuan rute distribusi untuk mengirim FAME dengan *unit cost* minimum.

7. Tahap Penentuan Ukuran Kapal yang digunakan

Pada tahap ini dilakukan penentuan ukuran kapal yang akan digunakan disetiap rute dengan *unit cost* minimum.

8. Tahap Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini di lakukan sebuah penarikan kesimpulan yang akan menjawab dari semua permasalahan pada penelitian ini dan penulisan saran terhadap pihak-pihak terkait sebagai sesuatu yang harus dipertimbangkan.

BAB 4

GAMBARAN UMUM

4.1 Supply Demand FAME

4.1.1 Produsen FAME

Berdasarkan Keputusan Menteri ESDM No. 2018 K/10/MEM/2018 tentang pengadaan bahan bakar nabati jenis biodiesel untuk pencampuran jenis bahan bakar minyak periode januari-desember 2019, terdapat 19 Badan Usaha yang diberikan izin untuk menyuplai FAME ke Badan Usaha BBM. 19 Badan Usaha BBN ini tergabung dalam suatu perkumpulan produsen BBN yang disebut APROBI. Badan-badan usaha tersebut tersebar di seluruh wilayah Indonesia dan mempunyai kapasitas produksi yang berbeda-beda, sehingga FAME yang dihasilkan dari setiap Badan Usaha BBN juga berbeda-beda. Berikut Badan Usaha BBN tersebut:



Gambar 4.1 Peta Lokasi Badan Usaha BBN di Indonesia

Gambar diatas adalah peta lokasi dari Badan Usaha Bahan Bakar Nabati yang tersebar di seluruh Indonesia.

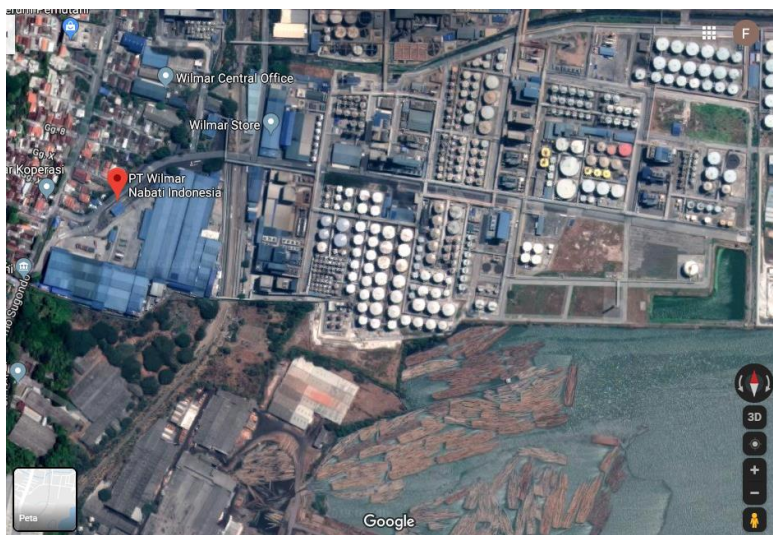
Gambar 4.2 Daftar Perusahaan penyuplai FAME

No.	Nama Perusahaan	Lokasi Produksi	Volume Alokasi (KL)
1	PT. Cemerlang Energi Perkasa	Dumai – Riau	447.970
2	PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	Dumai - Riau	866.171
3	PT. Pelita Agung Industri	Bengkalis- Riau	143.230
4	PT. Cilindra Perkasa	Dumai - Riau	161.894
5	PT. Darmex Biofuels	Bekasi Utara	72.376
6	PT. Musim Mas	Batam - Riau	375.328

No.	Nama Perusahaan	Lokasi Produksi	Volume Alokasi (KL)
7	PT. Wilmar Nabati Indonesia	Gresik	375.328
8	PT. Bayas Biofuels	Indragiri Hilir - Riau	899.700
9	PT LDC Indonesia	Panjang - Lampung	234.270
10	PT. Smart TBK	Kotabaru - Kalimantan Selatan	274.462
11	PT. Tunas Baru Lampung	Panjang - Lampung	214.652
12	PT. Multi Nabati Sulawesi	Bitung - Sulawesi Utara	250.749
13	PT. Permata Hijau Palm Oleo	Medan	262.725
14	PT. Intibenua Perkasatama	Dumai - Riau	240.517
15	PT. Batara Elok semesta Terpadu	Gresik	175.226
16	PT. Dabi Biofuels	Dumai - Riau	207.072
17	PT. Sinarmas Bioenergy	Tarumajaya - Bekasi	268.642
18	Kutai Refinery Nusantara	Balikipapan	218.290
19	PT. Sukajadi Sawit Mekar	Kotawaringin Timur - Kalimantan Tengah	217.319
	Total		5.905.920

Tabel diatas adalah Badan Usaha BBN yang menyuplai FAME untuk campuran B20. Pada penelitian tugas akhir ini, penulis memilih 10 Badan Usaha BBN yang akan dimasukkan ke dalam model perhitungan. 10 Badan Usaha BBN tersebut dipilih berdasarkan jumlah produksi FAME terbesar, yaitu :

1. PT. Wilmar Nabati Indonesia



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.3 Peta Lokasi PT. Wilmar Nabati Indonesia

PT Wilmar Nabati Indonesia berlokasi di Loadport Gresik/ Jl. Kapten Darmo Sugondo N0. 56, Manyar, Gresik. Perusahaan ini merupakan salah satu anak perusahaan dari Wilmar Group. PT Wilmar Nabati Indonesia merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT Wilmar Nabati Indonesia menyuplai FAME sebesar 884.431 KL/Tahun. PT Wilmar Nabati Indonesia memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 7 m LWS.

2. PT. Wilmar Bioenergi Indonesia

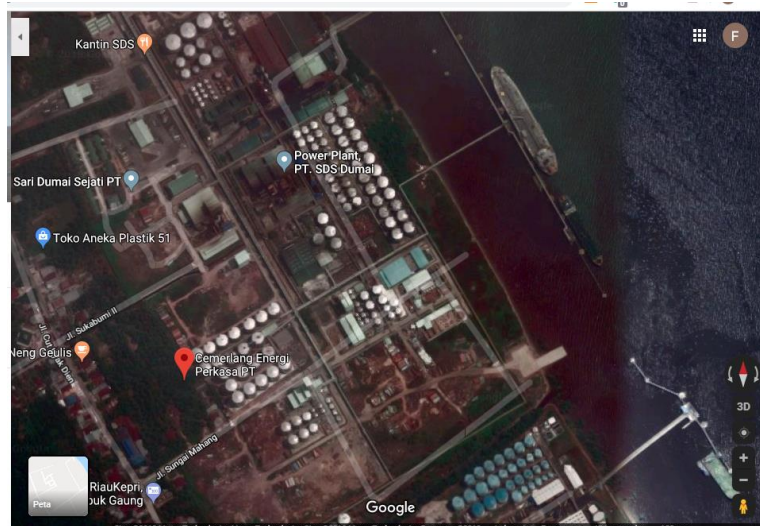
PT Wilmar Bioenergi Indonesia berlokasi di Loadport Dumai Kawasan Industri Dumai Pelintung, Dumai. Perusahaan ini merupakan salah satu anak perusahaan dari Wilmar Group. PT Wilmar Bioenergi Indonesia merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT Wilmar Nabati Indonesia menyuplai FAME sebesar 739.830 KL/Tahun. PT Wilmar Bioenergi Indonesia memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 8,5 m LWS.

3. PT. Musim Mas

PT. Musim Mas berada di bawah naungan Musim Mas Group. PT Musim Mas memiliki 2 pabrik yang berlokasi di Sumatra Utara dan Kepulauan Riau. Pabrik pertama terletak di Kota Batam, Kepulauan Riau. Pabrik Kedua terletak di Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara. PT Musim Mas merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT Musim Mas menyuplai FAME sebesar 708.304 KL/Tahun. PT Musim Mas memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 7 m LWS.

4. PT. Cemerlang Energi Perkasa

PT. Cemerlang Energi Perkasa berlokasi di Desa Lubuk Gaung, Kec. Sungai Sembilan, Kotamadya Dumai. PT Cemerlang Energi Perkasa merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT Cemerlang Energi Perkasa menyuplai FAME sebesar 432.703 KL/Tahun. PT Cemerlang Energi Perkasa memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 8,5 m LWS.



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.4 Peta Lokasi PT. Cemerlang Energi Perkasa

5. PT. Permata Hijau Palm Oleo

PT. Permata Hijau Palm Oleo berlokasi di Jl Pelabuhan Baru Lr Sawita No 124, Kel Bagan Deli, Medan Belawan, Medan. PT. Permata Hijau Palm Oleo merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT. Permata Hijau Palm Oleo menyuplai FAME sebesar 261.183 KL/Tahun. PT. Permata Hijau Palm Oleo tidak memiliki pelabuhan khusus, sehingga untuk menunjang kegiatan operasionalnya mereka menggunakan pelabuhan Belawan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 7 m LWS.

6. PT. Intibenua Perkasatama

PT. Intibenua Perkasatama berlokasi di Jl Raya Lubuk Gaung, Kec Sungai Sembilan, Dumai. PT. Intibenua Perkasatama berada di bawah naungan Musim Mas Group. PT. Intibenua Perkasatama merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT. Intibenua Perkasatama menyuplai FAME sebesar 241.053 KL/Tahun. PT. Intibenua Perkasatama memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 8,5 m LWS.



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.5 Peta Lokasi PT. Intibenua Perkasatama

7. PT. Bayas Biofuels

PT. Bayas Biofuels berlokasi Desa Bayas, Kec. Indragiri Hilir, Riau. PT. Bayas Biofuels merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT. Bayas Biofuels menyuplai FAME sebesar 224.275 KL/Tahun. PT. Bayas Biofuels memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 8,5 m LWS.

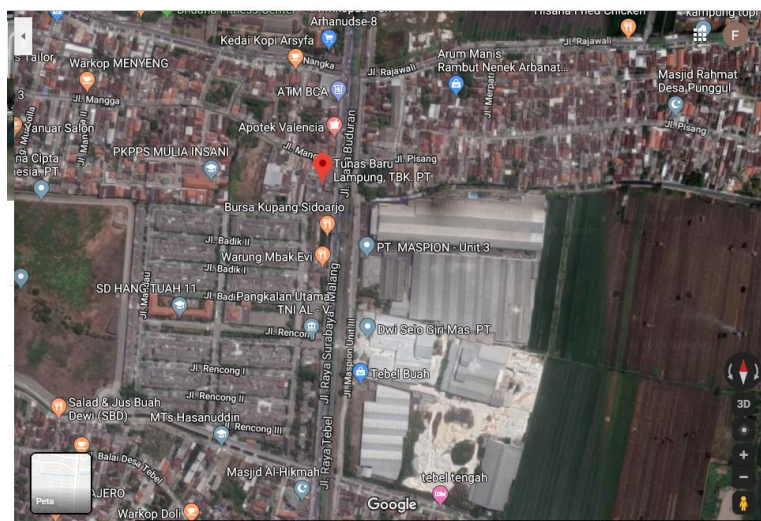


Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.6 Peta Lokasi PT. Bayas Biofuels

8. PT. Tunas Baru Lampung

PT. Tunas Baru Lampung berlokasi di Jakarta Selatan, perusahaan ini memiliki beberapa pabrik dan anak perusahaan untuk menunjang kegiatan bisnis perusahaan. Untuk pabrik yang menghasilkan FAME berlokasi di Jl Yos Sudarso No. 29, waylunik, Kec. Panjang, Bandar Lampung. PT. Tunas Baru Lampung merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT. Tunas Baru Lampung menyuplai FAME sebesar 216.875 KL/Tahun. PT. Tunas Baru Lampung memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 8,5 m LWS.



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.7 Peta Lokasi PT. Tunas Baru Lampung

9. PT. LDC Indonesia

PT. LDC Indonesia berlokasi di Jl Soekarno Hatta RT 23 Kel. Way lunik, Panjang, Bandar Lampung. PT. LDC Indonesia merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT. LDC Indonesia menyuplai FAME sebesar 214.365 KL/Tahun. PT. LDC Indonesia memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 8,5 m LWS.

10. PT. Sinarmas Bioenergy

PT. Sinarmas Bioenergy berlokasi di Kawasan Industri dan pergudangan Marunda Center Blok D No. 1 Bekasi. PT. Sinarmas Bioenergy merupakan salah satu badan usaha yang tergabung dalam anggota APROBI, dan sebagai salah satu perusahaan yang menyuplai FAME ke badan usaha BBM. PT. Sinarmas Bioenergy menyuplai

FAME sebesar 212.600 KL/Tahun. PT. Sinarmas Bioenergy memiliki pelabuhan khusus untuk menunjang kegiatan operasional perusahaan. Kedalaman perairan yang ada di pelabuhan ini yaitu 8,5 m LWS.

4.1.2 Produksi FAME

FAME adalah salah satu bahan baku oleochemical dan alternatif bahan bakar. FAME merupakan bahan bakar nabati yang terbuat dari minyak nabati atau minyak hewani. FAME dapat dibuat dari minyak kelapa sawit, tanaman jarak, jarak pagar, kemiri sunan, kemiri cina, nyamplung dan lain-lain. Berdasarkan penelitian FAME dibuat melalui proses esterifikasi atau transesterifikasi dengan metanol untuk menghasilkan campuran ester metil asam lemak dengan produk ikutan gliserol.

Indonesia mulai menggunakan FAME sebagai bahan bakar nabati dengan cara mencampurkan FAME dengan solar sehingga menghasilkan B20. FAME yang dibuat di Indonesia menggunakan bahan baku minyak kelapa sawit, karena Indonesia merupakan salah satu negara penghasil kelapa sawit terbesar.

Berdasarkan data rekonsiliasi EBTKE (Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi) didapatkan data produksi FAME pada tahun 2016 – 2018 seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.1 Data Produksi FAME Tahun 2016-2018

Bulan	Produksi (KL)
Januari-Desember 2016	3.656.361
Januari-Desember 2017	3.416.416
Januari-Desember 2018	6.167.837

Berdasarkan data tabel diatas dapat dilihat bahwa produksi FAME pada tahun 2017 mengalami penurunan dari tahun 2016, yaitu sebesar 0,066% atau sebesar 239.945 KL. Tetapi pada tahun 2018 produksi FAME mengalami kenaikan dari tahun 2017, yaitu sebesar 0,805% atau sebesar 2,75 juta KL.

4.1.3 Konsumsi FAME di Indonesia

FAME pada awalnya digunakan sebagai bahan pembuatan olekimia. Namun, seiring berjalannya waktu kini FAME mulai dikembangkan sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi. Seperti yang kita ketahui bahwa bahan bakar minyak bumi merupakan salah satu kebutuhan utama di berbagai negara. Namun, karena sifatnya yang tidak dapat diperbarui menyebabkan cadangan bahan bakar minyak bumi di dunia semakin menipis. Oleh karena itu, dibutuhkan bahan bakar alternatif yang dapat

menggantikan bahan bakar minyak bumi yaitu bahan bakar nabati Bahan bakar nabati mudah didapatkan karena terbuat dari minyak nabati atau minyak hewani sehingga bisa digunakan dalam jangka waktu panjang. Bahan bakar nabati yang potensial untuk dikembangkan adalah FAME.

Indonesia adalah salah satu negara yang telah menggunakan FAME sebagai pengganti bahan bakar minyak bumi dengan menerapkan program B20. B20 (BioSolar 20) adalah bahan bakar yang dihasilkan dengan cara mencampurkan bahan bakar minyak bumi jenis solar sebanyak 80% dengan FAME sebanyak 20%. Penggunaan FAME tidak hanya digunakan di dalam negeri, tetapi juga di ekspor ke beberapa negara seperti China, Spanyol, dan lain-lain. Berdasarkan data rekonsiliasi EBTKE (Energi Baru, Terbarukan dan Konservasi Energi) didapatkan data konsumsi FAME pada tahun 2016 – 2018 seperti pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.2 Data Konsumsi FAME Tahun 2016 – 2018

Bulan	Distribusi Domestik (KL)	Ekspor (KL)
Januari-Desember 2016	3.008.475	428.868
Januari-Desember 2017	2.571.568	187.385
Januari-Desember 2018	3.750.066	1.785.489

Berdasarkan data tabel diatas dapat dilihat bahwa konsumsi FAME untuk domestik pada tahun 2017 mengalami penurunan dari tahun 2016, yaitu sebesar 0,145% atau sebesar 436.907 KL. Tetapi pada tahun 2018 konsumsi FAME untuk domestik mengalami kenaikan dari tahun 2017, yaitu sebesar 0,458% atau sebesar 1,18 juta KL. Konsumsi FAME di masa depan akan mengalami kenaikan, karena ada beberapa sektor yang diwajibkan untuk menggunakan B20 sebagai bahan bakar pengganti. Sektor- sektor yang wajib menggunakan B20 diatur dalam Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 tahun 2015.

4.2 Tempat pengolahan B20

PT X sebagai salah satu badan usaha milik negara yang diberikan ijin untuk mengolah dan mendistribusikan B20 ke seluruh wilayah Indonesia. Untuk memenuhi kebutuhan B20 di seluruh wilayah Indonesia, PT X mendapatkan pasokan FAME dari 19 Badan Usaha BBN. FAME tersebut akan diolah di kilang minyak dan terminal bahan bakar minyak yang telah ditetapkan oleh PT X. Berikut lokasi pengolahan B20:

Tabel 4.3 Titik Pencampuran FAME

No.	Tempat Pencampuran	Permintaan
1	Sei Pakning	108.862
2	Dumai	142.702
3	Medan	200.410
4	T. Kabung	182.211
5	T. Uban	316.917
6	P. Sambu	84.450
7	Plaju	431.240
8	T.Gerem	138.934
9	Jakarta Group	385.884
10	Cikampek	132.621
11	Balongan	78.645
12	Bandung Group	121.529
13	Tasikmalaya	33.632
14	Cilacap Group	107.086
15	Semarang Group	170.584
16	Rewulu	87.271
17	Boyolali	101.103
18	Tuban	130.003
19	Manggis	134.495
20	Surabaya	432.901
21	Balikpapan Group	1.236.437
22	Pulau Laut (Kotabaru Group)	203.004
23	Baubau	135.318
24	Wayame	180.232
25	Kasim	27.781
	Jumlah	5.304.252

Tabel diatas adalah terminal BBM yang digunakan untuk mencampurkan FAME dengan solar sehingga menghasilkan bahan bakar B20. Pada penelitian tugas akhir ini, penulis memilih 10 terminal BBM yang akan dimasukkan ke dalam model perhitungan. 10 terminal BBM tersebut dipilih berdasarkan jumlah permintaan FAME terbesar, yaitu:

1. Terminal BBM Balikpapan Group

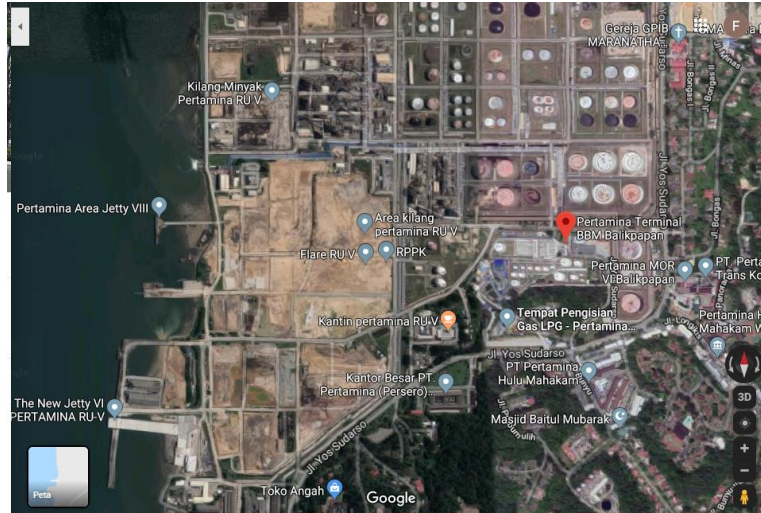
Terminal BBM Balikpapan Group terletak di kota Balikpapan, Kalimantan Timur. Terminal ini memiliki pelabuhan khusus sendiri guna untuk menunjang kegiatan operasional terminal tersebut. Terminal BBM Balikpapan Group setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 1.236.437 KL.

Spesifikasi Terminal BBM Balikpapan Group:

Kedalaman : 8,5 m LWS

LOA : 185 m

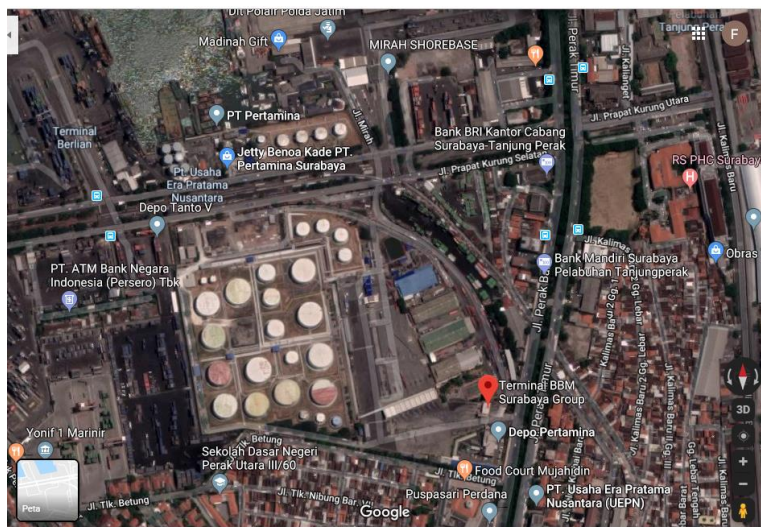
DWT Max : 35.000 MT



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.8 Peta Lokasi Terminal BBM Balikpapan Group

2. Terminal BBM Surabaya Group



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.9 Peta Lokasi Terminal BBM Surabaya Group

Lokasi Terminal BBM Surabaya Group terbagi menjadi dua yaitu TBBM Tanjung Perak terletak di Jalan Perak Barat 277 Surabaya dengan luas area ± 14 Ha yang merupakan tanah sewa milik Pelindo III dan TBBM Bandaran terletak di Jalan Pati Unus Ujung Surabaya dengan luas area ± 17 Ha yang merupakan tanah sewa milik TNI AL.

432.901. Terminal BBM Surabaya Group setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 432.901 KL/Tahun.

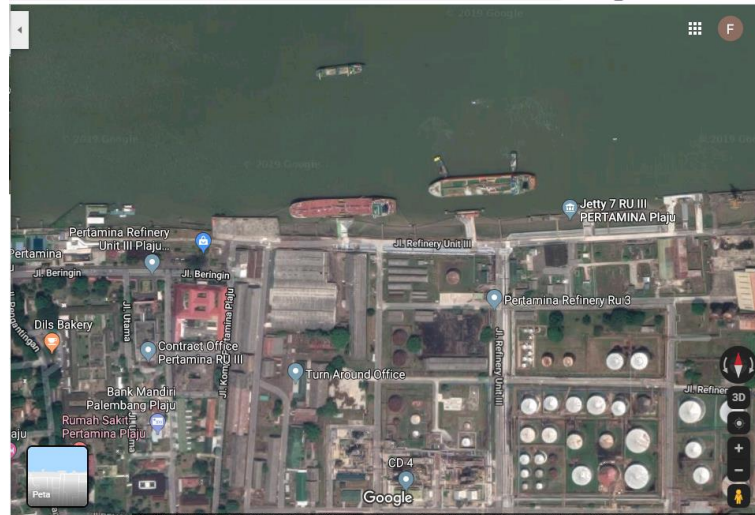
Spesifikasi Terminal BBM Surabaya Group:

Kedalaman : 8,5 m LWS

LOA : 185 m

DWT Max : 35.000 MT

3. Terminal BBM Plaju



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.10 Peta Lokasi Terminal BBM Plaju

Terminal BBM Plaju terletak di kota Palembang, Sumatera Selatan. Terminal BBM ini memiliki pelabuhan khusus sendiri guna untuk menunjang kegiatan operasional terminal tersebut. Terminal BBM Plaju setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 431.240 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Plaju:

Kedalaman : 8,5 m LWS

LOA : 185 m

DWT Max : 35.000 MT

4. Terminal BBM Jakarta Group

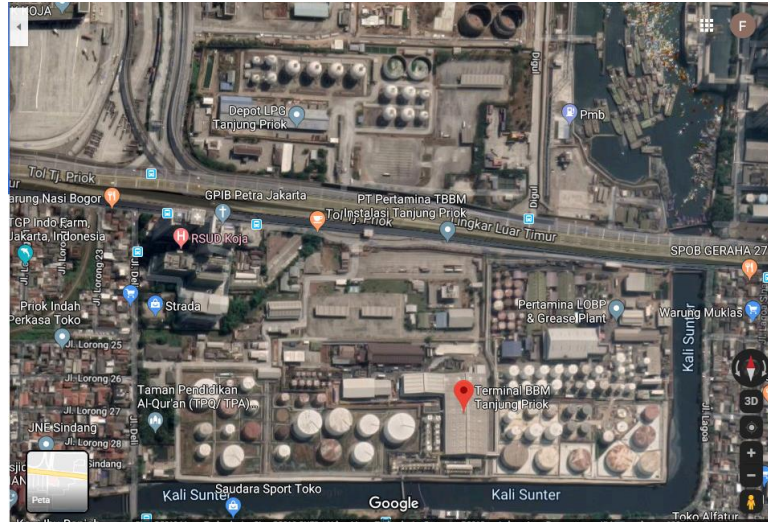
Terminal BBM Jakarta Group terletak di kota Jakarta. Terminal BBM ini berdekatan dengan pelabuhan Tanjung Priok. Terminal BBM ini memiliki dermaga sendiri untuk menunjang kegiatan operasional. Terminal BBM Jakarta Group setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 385.884 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Jakarta Group:

Kedalaman : 8,9 m LWS

LOA : 185 m

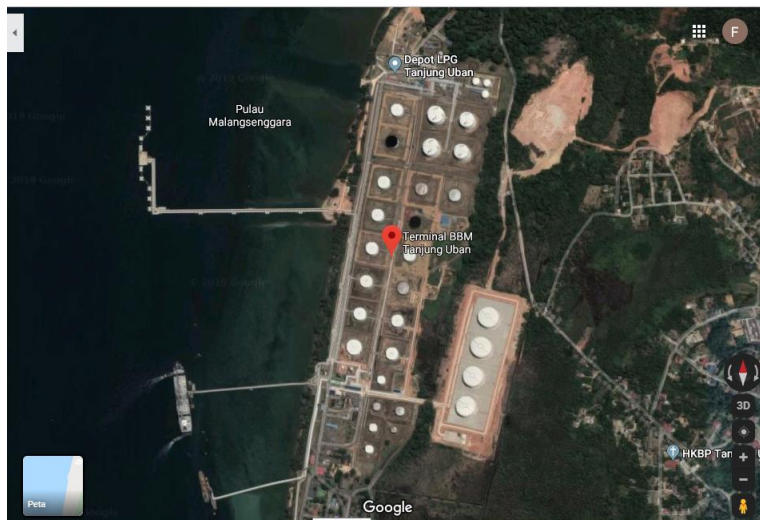
DWT Max : 35.000 MT



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.11 Peta Lokasi Terminal BBM Jakarta Group

5. Terminal BBM Tanjung Uban



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.12 Peta Lokasi Terminal BBM Tanjung Uban

Terminal BBM Tanjung Uban terletak di kota Bintan, Riau. Terminal ini memiliki pelabuhan khusus sendiri guna untuk menunjang kegiatan operasional terminal tersebut. Terminal BBM Tanjung Uban setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 316.917 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Tanjung Uban:

Kedalaman : 10 m LWS

LOA : 100 - 185 m

DWT Max : 5.000 – 35.000 MT

6. Terminal BBM Pulau Laut (Kotabaru Group)

Terminal BBM Kotabaru Group terletak di kota Kotabaru, Kalimantan Selatan. Terminal BBM ini memiliki pelabuhan khusus sendiri guna untuk menunjang kegiatan operasional terminal tersebut. Terminal BBM Kotabaru Group setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 203.004 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Kotabaru Group:

Kedalaman : 10,2 m LWS

LOA : 150 m

DWT Max : 17.500 MT



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.13 Peta Lokasi Terminal BBM Kotabaru Group

7. Terminal BBM Medan

Terminal BBM Medan terletak di kota Medan, Sumatera Utara. Terminal BBM Medan setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 200.410 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Medan:

Kedalaman : 8 m LWS

LOA : 160 m

DWT Max : 17.000 MT



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.14 Peta Lokasi Terminal BBM Medan Group

8. Terminal BBM Teluk Kabung



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.15 Peta Lokasi Terminal BBM Teluk Kabung

Terminal BBM Teluk Kabung terletak di kota Padang, Sumatra Barat. Terminal BBM ini memiliki pelabuhan khusus sendiri guna untuk menunjang kegiatan operasional terminal tersebut. Terminal BBM Teluk Kabung setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 182.211 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Teluk Kabung:

Kedalaman : 15 m LWS

LOA : 200 m

DWT Max : 35.000 MT

9. Terminal BBM Wayame

Terminal BBM Wayame terletak di kota Ambon, Maluku. Terminal BBM ini memiliki pelabuhan khusus sendiri guna untuk menunjang kegiatan operasional terminal

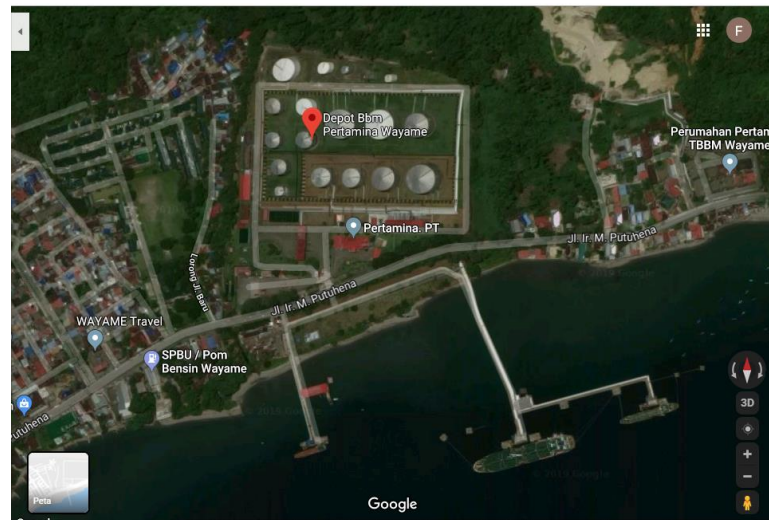
tersebut. Terminal BBM Wayame setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 180.232 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Wayame

Kedalaman : 16 m LWS

LOA : 200 m

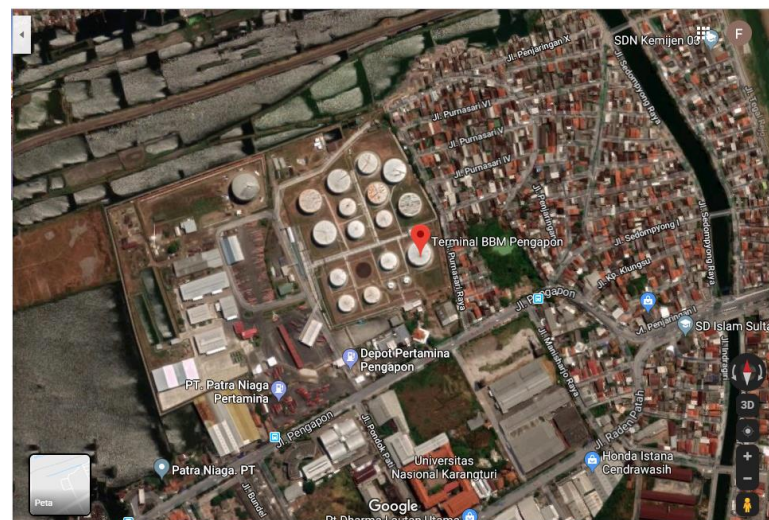
DWT Max : 35.000 MT



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.16 Peta Lokasi Terminal BBM Wayame

10. Terminal BBM Semarang Group



Sumber: <https://www.google.com/maps>

Gambar 4.17 Peta Lokasi Terminal BBM Semarang

Terminal BBM Semarang Group terletak di kota Semarang, Jawa Tengah. Terminal BBM Semarang Group setiap tahunnya menerima suplai FAME dari BU BBN sebesar 170.584 KL/Tahun.

Spesifikasi Terminal BBM Semarang Group:

Kedalaman : 9 m LWS

LOA : 131 - 185 m

DWT Max : 30.000 MT

4.3 Rute Distribusi FAME

Program B20 telah berlaku mulai tahun 2016 namun karena terlalu banyak titik pengolahan B20 menyebabkan beberapa titik pengolahan ada yang belum mendapatkan pasokan FAME. Namun, pemerintah terus berupaya agar program B20 dapat berjalan dengan baik. Hingga kini ada beberapa badan usaha BBM yang diberikan izin untuk mengolah B20 salah satunya yaitu PT X. PT X tersebut mengelola beberapa TBBM yang digunakan untuk mencampur FAME. TBBM-TBBM PT X mendapat pasokan FAME dari 19 badan usaha BBN. Berikut rute pengiriman FAME yang ada saat ini:

1. TBBM Medan (200.410 kL) mendapat pasokan dari Medan (261.183 kL)/Batam, Bayas-Riau (224.275 kL), Dumai.
2. TBBM Teluk Kabung (182.211 kL) mendapat pasokan dari Dumai, Belawan, Panjang
3. TBBM Jakarta (385.884 kL) mendapat pasokan dari Gresik (884.431 kL)/Bekasi/Tarjun, Dumai, Belawan, Panjang, Batam.
4. TBBM Semarang (170.584 kL) mendapat pasokan dari Gresik (884.431 kL), Marunda (212.600 kL), Panjang.
5. TBBM Surabaya (432.901 kL) mendapat pasokan dari Gresik (884.431 kL), Batam, Dumai, Marunda (212.600 kL), Bitung.
6. TBBM Kotabaru (203.004 kL) mendapat pasokan dari Gresik (884.431 kL), Tarjun, Panjang, Bekasi, Bayas-Riau (224.275 kL).
7. TBBM Wayame (180.232 kL) mendapat pasokan dari Panjang, Gresik (884.431 kL), Tarjun, Bitung, Dumai.
8. TBBM Balikpapan (1.236.437 kL) mendapat pasokan dari Dumai, Tarjun, Bitung, Balikpapan, Gresik(884.431 kL), Bayas-Riau (224.275 kL).
9. TBBM Tanjung Uban (316.917 kL) mendapat pasokan dari Batam.

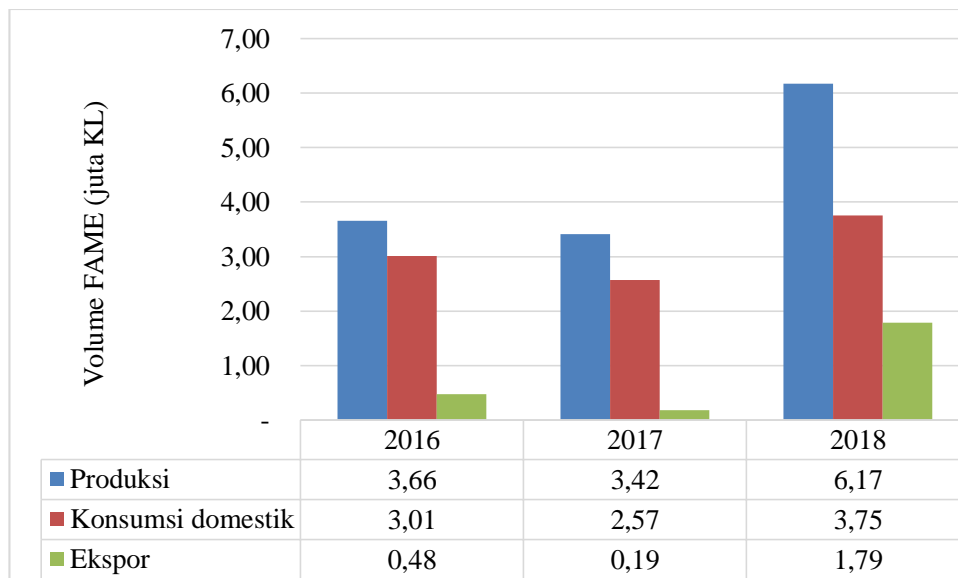
BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

Bab analisis perhitungan dan pembahasan pada penelitian ini menjelaskan proyeksi konsumsi dan produksi FAME, penentuan rute distribusi dan penentuan ukuran kapal yang sesuai.

5.1 Analisis Potensi FAME

FAME digunakan sebagai bahan campuran untuk membuat bahan bakar nabati. Berdasarkan Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No. 12 tahun 2015 mengenai jenis sektor yang wajib menerapkan program B20, pada tahun 2020 pemanfaatan biodiesel untuk PSO dari 20% naik menjadi 30%. Selain itu, saat ini Indonesia telah mengembangkan B20 menjadi B30, hal ini menyebabkan kebutuhan akan FAME sebagai bahan campuran bahan bakar nabati semakin meningkat. Seperti pada data histori ketika adanya perkembangan dari B15 menjadi B20 terjadi kenaikan konsumsi yang signifikan, yaitu dari 1.244.033 kL pada tahun 2015 dimana menggunakan B15 naik sebesar 180% menjadi 3.485.411 kL pada tahun 2016 dimana mulai menggunakan B20.



Gambar 5.1 Grafik Produksi dan Konsumsi FAME Tahun 2016-2018

Tabel 5.1 Hasil Peramalan Produksi dan Konsumsi FAME Tahun 2019-2022

Tahun	Produksi (Juta kL)	Konsumsi Domestik (Juta kL)	Ekspor (Juta kL)	Total Konsumsi (Juta kL)	Kenaikan
2019	7,05	4,58	1,71	6,29	14%
2020	8,38	5,38	2,12	7,51	19%
2021	9,71	6,19	2,53	8,72	16%
2022	11,04	7,00	2,94	9,94	14%
2023	12,37	7,80	3,35	11,15	16%

Berdasarkan hasil perhitungan dengan cara forecasting didapat hasil pada tahun 2019 total konsumsi 6,29 juta kL. Tahun 2020 total konsumsi 7,51 juta kL. Tahun 2021 total konsumsi 8,72 juta kL. Tahun 2022 total konsumsi 9,94 juta kL. Tahun 2023 total konsumsi 11,15 juta kL. Sedangkan untuk produksi FAME tahun 2019 produksi FAME sebesar 7,05 juta kL. Tahun 2020 produksi FAME sebesar 8,38 juta kL. Tahun 2021 produksi FAME sebesar 9,71 juta kL. Tahun 2022 produksi FAME sebesar 11,04 juta kL. Tahun 2023 produksi FAME sebesar 12.37 juta kL. Berdasarkan hasil tersebut dapat disimpulkan bahwa FAME memiliki potensi untuk dikembangkan sebagai bahan bakar nabati.

5.2 Data Muatan

Data muatan FAME telah dibahas dalam bab sebelumnya, dimana ada 19 perusahaan yang menyuplai FAME. Dari 19 perusahaan ini dipilih 10 perusahaan yang menyuplai FAME paling banyak. Berikut adalah data jumlah suplai FAME dari 10 perusahaan yang telah terpilih.

Tabel 5.2 Data Suplai setiap Asal

No.	Asal	Jumlah (KL)	Notasi
1	PT. Wilmar Nabati Indonesia	884.431	A
2	PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	739.830	B
3	PT. Musim Mas	708.304	C
4	PT. Cemerlang Energi Perkasa	432.703	D
5	PT. Permata Hijau Palm Oleo	261.183	E
6	PT. Intibenua Perkasatama	241.053	F
7	PT. Bayas Biofuels	224.275	G
8	PT. Tunas Baru Lampung	216.875	H
9	PT LDC Indonesia	214.365	I
10	PT. Sinarmas Bioenergy	212.600	J
Total		4.135.619	

Tabel diatas menunjukkan data jumlah suplai FAME dari 10 perusahaan yang telah terpilih. 10 perusahaan tersebut adalah PT Wilmar Nabati Indonesia menyuplai 884.431 KL dinotasikan huruf A, PT Wilmar Bioenergi Indonesia menyuplai 739.830 dinotasikan huruf B, PT Musim Mas menyuplai 708.304 dinotasikan huruf C, PT Cemerlang Energi Perkasa menyuplai 432.703 dinotasikan huruf D, PT Permata Hijau Palm Oleo menyuplai 261.183 dinotasikan huruf E, PT Intibenua Perkasatama menyuplai 241.053 dinotasikan huruf F, PT Bayas Biofuels menyuplai 224.275 dinotasikan huruf G, PT Tunas Baru Lampung menyuplai 216.875 dinotasikan huruf H, PT LDC Indonesia menyuplai 214.365 dinotasikan huruf I, PT Sinarmas Bioenergy menyuplai 212.600 dinotasikan huruf J.

Untuk tempat pengolahan FAME ada 25 terminal BBM, dimana dari 25 terminal BBM ini dipilih 10 TBBM yang mengolah FAME paling banyak. Berikut adalah data permintaan FAME dari 10 TBBM yang telah terpilih.

Tabel 5.3 Data Permintaan setiap TBBM

No.	Tujuan	Permintaan (KL)	Notasi
1	Balickpapan Group	1.236.437	1
2	Surabaya	432.901	2
3	Plaju	431.240	3
4	Jakarta Group	385.884	4
5	T. Uban	316.917	5
6	Pulau Laut (Kotabaru Group)	203.004	6
7	Medan	200.410	7
8	T. Kabung	182.211	8
9	Wayame	180.232	9
10	Semarang Group	170.584	10
Total		3.739.820	

Tabel diatas menunjukkan data permintaan FAME dari 10 TBBM yang telah terpilih. 10 TBBM tersebut adalah TBBM Balickpapan group menerima 1.236.437 KL dinotasikan huruf A, TBBM Surabaya group menerima 432.901 dinotasikan huruf 2, TBBM Plaju menerima 431.240 dinotasikan huruf 3, TBBM Jakarta group menerima 385.884 dinotasikan huruf 4, TBBM Tanjung Uban menerima 316.917 dinotasikan huruf

5, TBBM Kotabaru group menerima 203.004 dinotasikan huruf 6, TBBM Medan menerima 200.410 dinotasikan huruf 7, TBBM Teluk Kabung menerima 182.211 dinotasikan huruf 8, TBBM Wayame menerima 180.232 dinotasikan huruf 9, TBBM Semarang group menerima 170.584 dinotasikan huruf 10.

Dari data asal dan tujuan diatas kemudian dicari jarak antara asal ke tujuan dan jarak antara tujuan satu dengan tujuan lainnya, dimana data jarak tersebut nantinya digunakan dalam menghitung waktu ketika berlayar di laut (*sea time*). Berikut adalah tabel jarak antara asal ke tujuan dan jarak antara tujuan satu dengan tujuan lainnya.

Tabel 5.4 Jarak dari Asal dan Tujuan

Asal	Tujuan (nm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	434,82	4,64	533,58	259,48	709,66	277,59	1.065,02	821,14	951,62	134,23
B	929,13	852,60	337,14	563,59	158,29	930,55	217,08	179,54	1.625,77	738,47
C	850,58	725,55	196,94	422,61	130,63	830,12	350,18	141,75	1.542,35	605,42
D	775,04	716,73	246,22	462,45	4,30	778,30	363,79	258,46	1.471,60	612,14
E	1.128,99	1066,77	542,95	767,30	366,36	1.140,83	8,43	302,92	1.825,13	950,53
F	946,52	869,24	351,55	577,85	175,76	948,13	200,32	178,94	1.643,19	754,45
G	946,32	869,08	351,44	577,75	175,56	947,94	200,47	179,03	1.642,98	754,32
H	1.130,02	1070,46	547,59	772,19	368,65	1.142,93	2,10	309,29	1.826,00	954,67
I	947,40	870,80	353,36	579,67	176,71	949,31	198,76	180,53	1.644,08	756,12
J	735,43	456,01	152,28	103,23	398,27	649,15	682,21	394,88	1.374,02	318,70

Selain data jarak pada tabel 5.4 diatas juga dicari data jarak dari tujuan satu ke tujuan lainnya, karena Tugas Akhir ini menggunakan pola operasi multiple port. Berikut data jarak dari tujuan satu ke tujuan lainnya.

Tabel 5.5 Jarak antara Tujuan Satu dengan Tujuan lainnya

Tujuan	Tujuan (nm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1		434	728	662	771	126	1.128	986	697	514
2	434		538	354	714	316	1.070	826	948	139
3	728	538		226	246	683	547	288	1.402	412
4	662	354	226		461	583	772	494	1.282	216
5	771	714	246	461		766	367	262	1.468	610
6	126	316	683	583	766		1.132	958	719	411
7	1.128	1.070	547	772	367	1.132		310	1.824	954

Tujuan	Tujuan (nm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
8	986	826	288	494	262	958	310		1.675	697
9	697	948	1.402	1.282	1.468	719	1.824	1.675		1.080
10	514	139	412	216	610	411	954	697	1.080	

5.3 Maksimum *Draught* Kapal

Setelah didapatkan pola operasi tersebut, maka mencari data kapal tanker. Sebelum mencari data kapal tersebut, maka disesuaikan dengan *draught* maksimum kapal yang bisa sandar di pelabuhan asal dan pelabuhan tujuan, dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\text{Draught Kapal Maksimum Kapal yang Sandar di Pelabuhan} = LWS - 1,1$$

(Sumber: Port and Terminals velsink, 2002)

Dari perhitungan tersebut sehingga didapatkan maksimum *draft* kapal yang sandar di pelabuhan asal maupun tujuan, yakni :

Tabel 5.6 Draught Maksimum Kapal pada Pelabuhan Asal

No.	Asal	Sarat Kapal (m)
1	PT. Wilmar Nabati Indonesia	7
2	PT. Wilmar Bioenergi Indonesia	8,5
3	PT. Musim Mas	7
4	PT. Cemerlang Energi Perkasa	8,5
5	PT. Permata Hijau Palm Oleo	7
6	PT. Intibenua Perkasatama	8,5
7	PT. Bayas Biofuels	8,5
8	PT. Tunas Baru Lampung	8,5
9	PT LDC Indonesia	8,5
10	PT. Sinarmas Bioenergy	8,5

Tabel 5.7 Draught Maksimum Kapal pada Pelabuhan Tujuan

No.	Tujuan	Sarat Kapal (m)
1	Balikpapan Group	8,5
2	Surabaya	8,5
3	Plaju	8,5
4	Jakarta Group	8,9

No.	Tujuan	Sarat Kapal (m)
5	T. Uban	10
6	Pulau Laut (Kotabaru Group)	10,2
7	Medan	8
8	T. Kabung	15
9	Wayame	16
10	Semarang Group	9

Sehingga dari perhitungan *draught* maksimum kapal tersebut dijadikan sebagai tolak ukur untuk mencari alternatif ukuran dan tipe kapal yang dapat mendistribusikan FAME dari pelabuhan asal ke pelabuhan tujuan. Dengan demikian, akan diketahui kapasitas angkut dan jumlah kapal yang dibutuhkan untuk melayani angkutan FAME sesuai *demand* yang ada.

5.4 Asumsi yang Digunakan

Tabel 5.8 Asumsi yang digunakan

Kecepatan B/M	120	m ³ /jam
massa jenis	870	kg/m ³
Harga FAME	6598	Rp/kg
Hari kerja	330	Hari
Harga MFO	Rp 10.560	/liter
Harga HSD	Rp 13.110	/liter
Umur ekonomis	20	Tahun
Rate	5%	/tahun
Gaji per Crew	Rp 10.000.000	/bulan
Repair & Maintenance	3%	Harga kapal
Asuransi Kapal	1,5%	Harga kapal
Supplies crew	Rp 50.000	/orang/hari
Dokumen & Administrasi	Rp 5.000.000	/trip

Untuk perhitungan Transportasi Laut digunakan beberapa angka asumsi yaitu hari kerja kapal 330 hari, harga MFO Rp 10.560 /liter, harga HSD Rp 13.110 /liter, Kecepatan bongkar muat 120 m³/jam, umur ekonomis kapal yaitu 20 tahun, gaji crew Rp 10.000.000 /orang/bulan, perbaikan dan perawatan kapal 3% dari harga kapal, asuransi kapal 1,5%

dari harga kapal, perbekalan sebesar Rp 50.000 /orang/hari, dan dokumen & administrasi Rp 5.000.000 /trip.

5.5 Regresi Kapal Pembanding

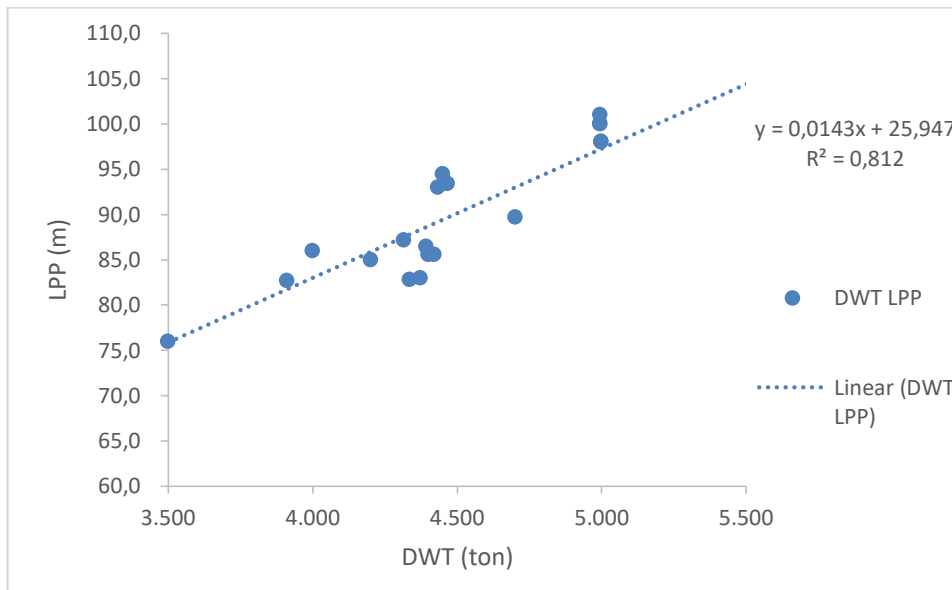
Regresi kapal pembanding digunakan untuk mendapatkan ukuran awal kapal, dimana ukuran awal kapal ini digunakan untuk mencari rute distribusi FAME. Untuk meregresi kapal pembanding terlebih dahulu harus mencari kapal pembanding yang sesuai.

Tabel 5.9 Data Kapal Pembanding

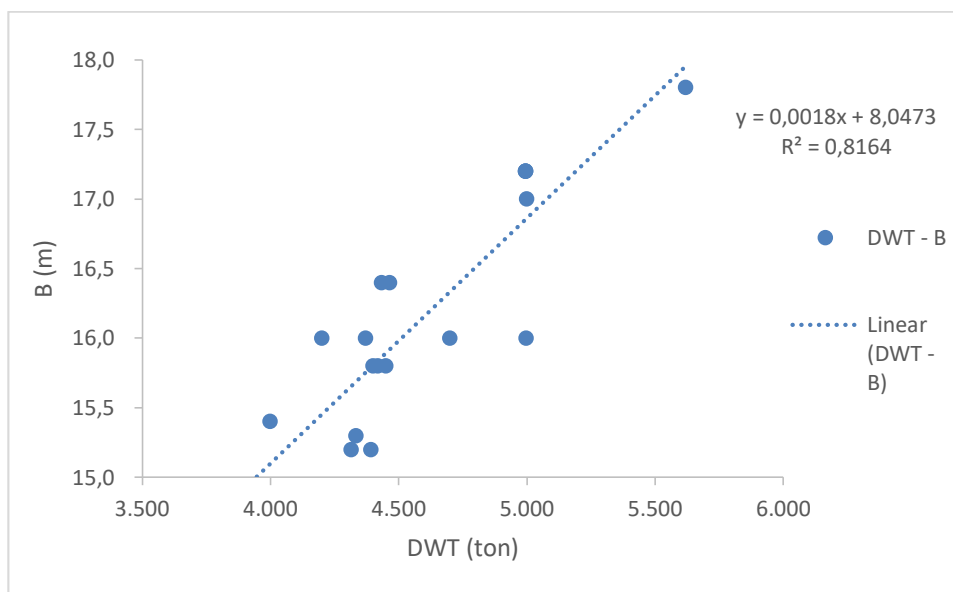
No.	Nama Kapal	Ukuran Kapal				DWT (ton)	Power ME (kW)	Tahun Pembuatan
		L	B	T	H			
1	Marine Noel	85,0	16,0	5,8	7,3	4.200	1.800	2007
2	Panabunker Once	72,9	16,0	5,7	6,8	4.372	2.800	2019
3	Sea Harvest	85,6	15,8	5,7	7,2	4.401	3.080	1995
4	Sea Prosperity	85,6	15,8	5,7	7,2	4.420	3.521	1996
5	LT Beryl	93,9	16,4	5,6	8,5	4.434	2.100	2018
6	Global Princess	99,9	15,8	5,8	8,0	4.450	2.100	2018
7	LT Amber	93,9	16,4	5,6	8,5	4.466	1.912	2012
8	NewOcean 5	84,7	16,0	5,9	7,5	4.701	1.912	2012
9	San Biagio	103,5	17,2	6,0	9,0	4.995	2.646	2008
10	San Benedetto II	103,5	17,2	6,0	9,0	4.995	2.014	2014
11	San Bacco	103,5	17,2	6,0	9,0	4.995	2.014	2014
12	Falcon18	98,0	16,0	6,1	7,9	4.998	1.912	2012
13	Alahan	98,1	17,0	6,1	8,7	4.999	2.014	2014
14	Monte Anaga	81,8	15,3	5,3	6,8	4.335	1.912	2015
15	Silver Kenna	86,4	15,2	5,4	7,2	4.393	1.912	2015
16	Anggraini Excellent	82,7	14,7	5,0	6,5	3.911	2.800	2019
17	Casandra	89,2	15,2	5,7	7,2	4.316	3.080	1995
18	Chelsea denise II	88,0	15,4	5,8	7,6	4.000	3.000	2009
19	Corvus	102,0	17,8	6,0	9,3	5.619		
20	Key Bora	79,0	14,1	5,0	6,9	3.500	3.000	2016

Setelah didapatkan data kapal pembanding selanjutnya membuat grafik hubungan antara DWT dengan LPP, DWT dengan B, DWT dengan T, DWT dengan H untuk menentukan ukuran utama awal kapal. Persamaan regresi yang dipakai adalah regresi

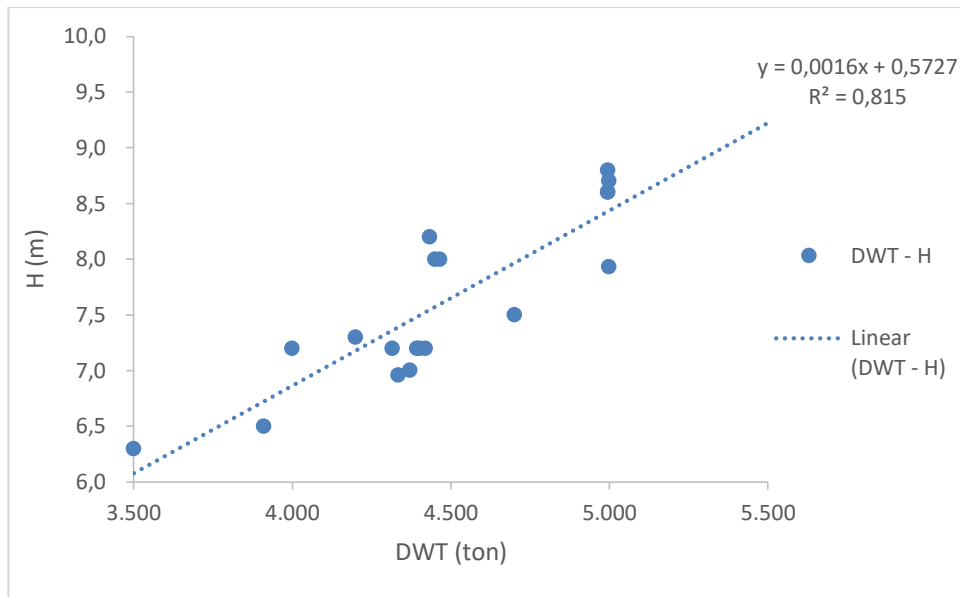
linear. Berikut grafik hubungan antara DWT dengan LPP, DWT dengan B, DWT dengan T, DWT dengan H.



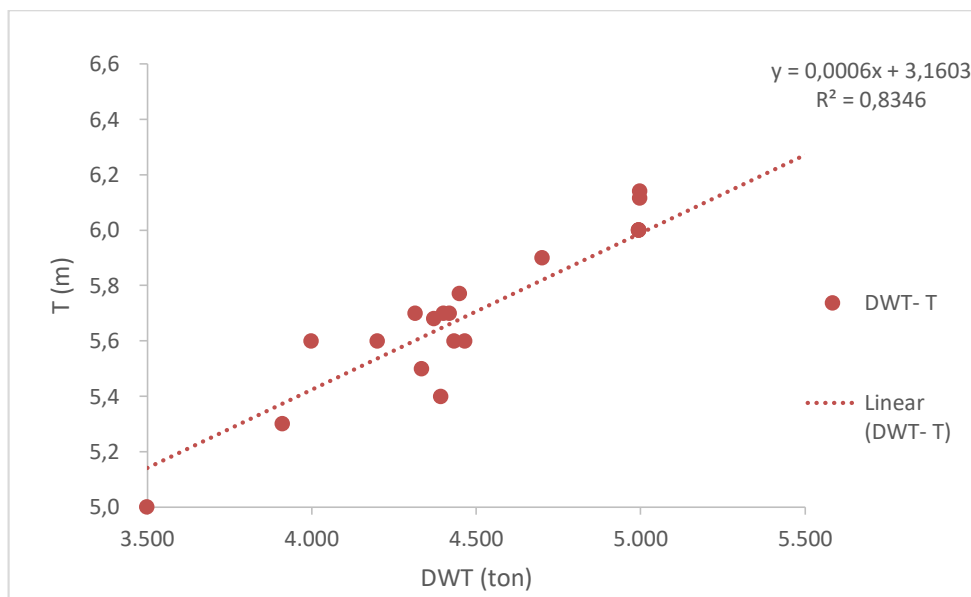
Gambar 5.2 Grafik Hubungan DWT – LPP



Gambar 5.3 Grafik Hubungan DWT – B



Gambar 5.4 Grafik Hubungan DWT – H



Gambar 5.5 Grafik Hubungan DWT – T

Dari hasil regresi didapatkan persamaan untuk masing-masing ukuran utama kapal, kemudian dari persamaan tersebut dihitung nilai ukuran utama awal kapal. Berikut hasil perhitungan ukuran utama awal kapal

- LPP : $y = 0,01427x + 25,9$
 $= 0,01427 (4500) + 25,9$
 $= 90,15 \text{ m}$
- B : $y = 0,00176x + 8,0$
 $= 0,00176 (4500) + 8,0$

$$= 15,98 \text{ m}$$

- H : $y = 0,00157x + 0,6$
 $= 0,00157 (4500) + 0,6$
 $= 7,65 \text{ m}$
- T : $y = 0,00057x + 3,2$
 $= 0,00057 (4500) + 3,2$
 $= 5,71 \text{ m}$

5.6 Optimasi Rute Distribusi

Setelah didapatkan data ukuran awal kapal dari regresi kapal pembeding, kemudian ukuran awal kapal tersebut digunakan untuk mencari rute distribusi FAME.

5.6.1 Model Matematis untuk Menentukan Rute Distribusi

Model matematis pada optimasi yang dikembangkan dalam menyelesaikan penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rute distribusi dan ukuran kapal dengan biaya yang minimum. Berikut adalah model matematis yang digunakan sebagai optimasi untuk menentukan rute distribusi dengan biaya yang minimum, dirumuskan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian ini.

1. Objective Function

$$\text{Minimum } Z = \frac{\sum_{k=1}^{10} \sum_{i=1}^n TC_{ik}}{C_1} \quad \text{Persamaan 5.1}$$

2. Decision Variable

Fungsi tujuan pada optimasi ini adalah:

$$C_1 = \text{Muatan terangkut}$$

3. Constraint atau batasan bawah adalah :

a. $S \geq C_1$

b. $C_1 = D$

Keterangan:

Z = Unit Cost (Rp/m³)

K = Rute ke 1 sampai 10

i = Kapal ke 1 sampai n

S = Jumlah pasokan FAME (m³)

C₁ = Muatan terangkut (m³)

D = Jumlah permintaan (m³)

5.6.2 Rute Distribusi

Setelah didapatkan data ukuran awal kapal dari regresi kapal pemanding, kemudian ukuran awal kapal tersebut digunakan untuk mencari rute distribusi FAME dengan cara optimasi menggunakan solver Microsoft Excel, dengan *decision variable* adalah muatan terangkut. Pada hasil optimasi terpilih rute port to port dan multiport.

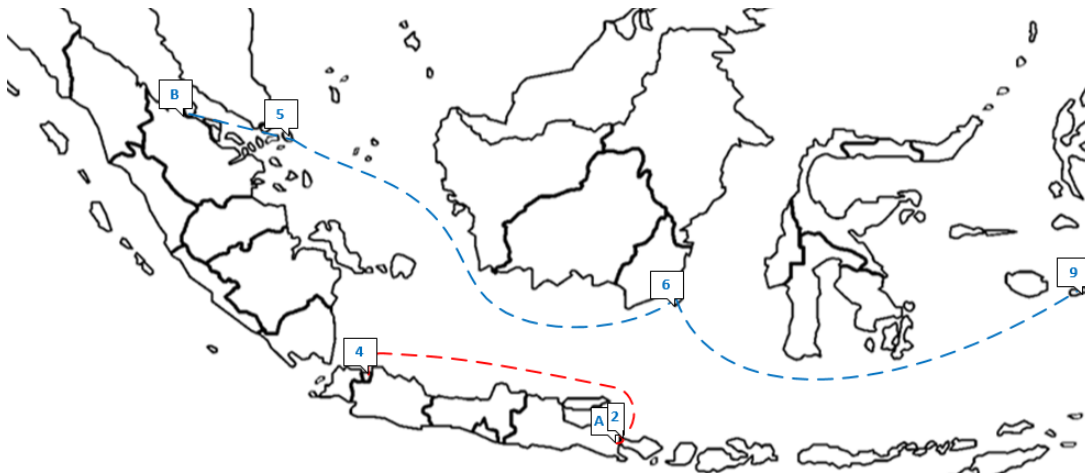
Tabel 5.10 Rute Distribusi Terpilih

Asal	Tujuan (m ³)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	-	432.901	-	385.884	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	316.917	203.004	-	-	180.232	-
C	554.234	-	-	-	-	-	-	-	-	-
D	-	-	431.240	-	-	-	-	-	-	-
E	-	-	-	-	-	-	200.410	60.773	-	-
F	241.053	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	224.275	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	216.875	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	121.438	-	-
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170.584

Berdasarkan tabel diatas Wilmar Gresik (A) mengirim FAME ke beberapa tujuan yaitu TBBM Surabaya (2) sebanyak 432.901 m³/tahun, TBBM Jakarta (4) sebanyak 385.884 m³/tahun. Wilmar Dumai (B) mengirim FAME ke beberapa tujuan yaitu TBBM T. Uban (5) sebanyak 316.917 m³/tahun, TBBM Kotabaru (6) sebanyak 203.004 m³/tahun, TBBM Wayame (9) sebanyak 180.232 m³/tahun. Musim Mas (C) mengirim FAME ke satu tujuan yaitu TBBM Balikpapan (1) sebanyak 554.234 m³/tahun. Cemerlang Energi Perkasa (D) mengirim FAME ke satu tujuan yaitu TBBM Plaju (2) sebanyak 431.240 m³/tahun. Permata Hijau Palm Oleo (E) mengirim FAME ke beberapa tujuan yaitu TBBM Medan (7) sebanyak 200.140 m³/tahun dan TBBM T. Kabung (8) sebanyak 60.773 m³/tahun.

Intibenua Perkasamata (F) mengirim FAME ke satu tujuan yaitu TBBM Balikpapan (1) sebanyak 241.053 m³/tahun. Bayas Biofuels (G) mengirim FAME ke satu tujuan yaitu TBBM Balikpapan (1) sebanyak 224.275 m³/tahun. Tunas Baru Lampung (H) mengirim FAME ke satu tujuan yaitu TBBM Balikpapan (1) sebanyak 216.875 m³/tahun. LDC Lampung (I) mengirim FAME ke satu tujuan yaitu TBBM Teluk Kabung (8) sebanyak 121.438 m³/tahun. Sinarmas Bioenergy (J) mengirim FAME ke satu tujuan yaitu TBBM Semarang (10) sebanyak 170.584 m³/tahun.

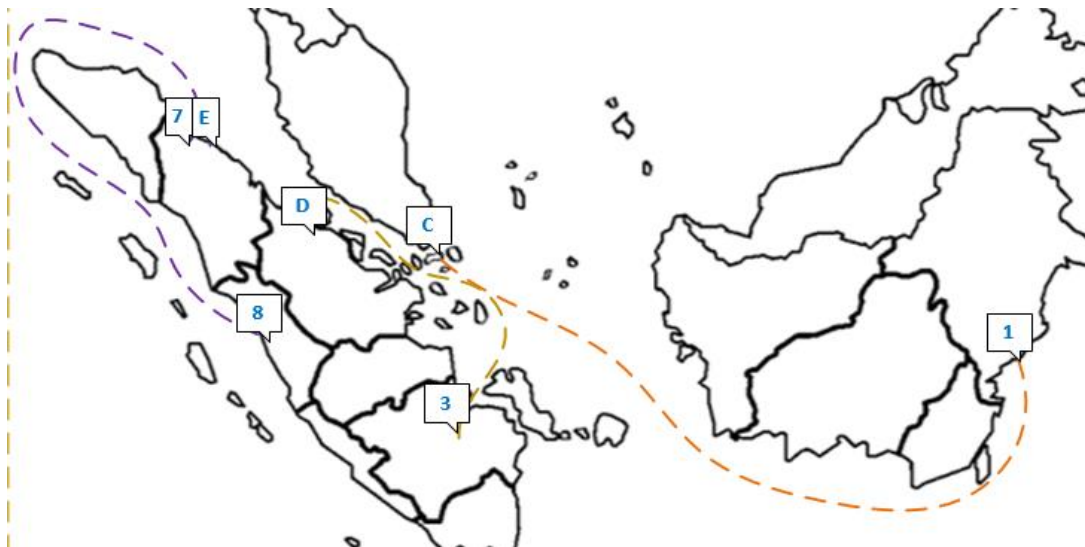
Berikut peta rute distribusi dari hasil optimasi



Gambar 5.6 Rute 1 dan 2

Berdasarkan gambar di atas rute 1 dan 2 adalah *multiport*. Rute 1 disimbolkan garis biru dan rute 2 disimbolkan garis merah. Berikut asal dan tujuan yang dilayani oleh rute 1 dan 2:

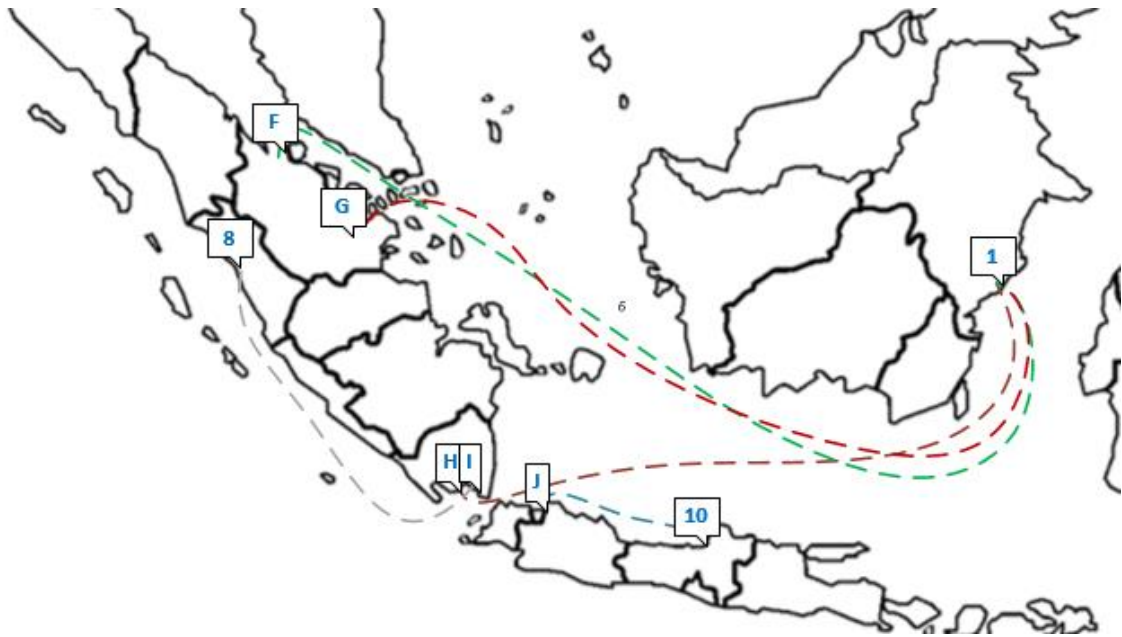
- Rute 1 = Wilmar Nabati Gresik (A) – TBBM Surabaya (2) – TBBM Jakarta (4).
- Rute 2 = Wilmar Bioenergi Dumai (B) – TBBM Tanjung Uban (5) – TBBM Kotabaru (6) – TBBM Wayame(9).



Gambar 5.7 Rute 3, 4 dan 5

Berdasarkan gambar di atas rute 3 adalah *multiport*, rute 4 dan 5 adalah *port to port*. Rute 3 disimbolkan garis oranye, rute 4 disimbolkan garis kuning tua dan rute 5 disimbolkan garis ungu. Berikut asal dan tujuan yang dilayani oleh rute 3, 4 dan 5:

1. Rute 3 = Musim Mas Batam (C) – TBBM Balikpapan (1)
2. Rute 4 = Cemerlang Energi Perkasa Dumai (D) – TBBM Plaju (3)
3. Rute 5 = Permata Hijau Medan (E) – TBBM Medan (7) – TBBM T. Kabung (8).



Gambar 5.8 Rute 6, 7, 8, 9, dan 10

Berdasarkan gambar di atas rute 6, 7, 8, 9, dan 10 adalah *port to port*. Rute 6 disimbolkan garis hijau, rute 7 disimbolkan garis merah, rute 8 disimbolkan garis merah tua, rute 9 disimbolkan abu abu dan rute 10 disimbolkan garis biru. Berikut asal dan tujuan yang dilayani oleh rute 3, 4 dan 5:

1. Rute 6 = Intibenua Perkasamata Dumai (F) – TBBM Balikpapan (1)
2. Rute 7 = Bayas Riau (G) – TBBM Balikpapan (1).
3. Rute 8 = Tunas Baru Lampung (H) – TBBM Balikpapan (1).
4. Rute 9 = LDC Lampung (I) – TBBM Teluk Kabung (8).
5. Rute 10 = Sinarmas Marunda, Bekasi (J) – TBBM Semarang (10).

5.6.3 Jarak Berdasarkan Rute Terpilih

Setelah proses optimasi didapatkan jarak total dari masing-masing rute. Total jarak didapatkan dari menjumlahkan jarak ketika pergi dengan jarak ketika pulang. Untuk rute *multiport* jarak ketika pergi adalah jarak dari pelabuhan asal ke tujuan 1 ditambah jarak dari tujuan 1 ke tujuan 2 dan begitu seterusnya. Berikut jarak kapal ketika pergi.

Tabel 5.11 Jarak Pergi Setiap Rute

Asal	Tujuan (nm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	-	4,64	-	354,24	-	-	-	-	-	-
B	-	-	-	-	158,28	766,13	-	-	718,66	-
C	775,04	-	-	-	770,94	-	-	-	-	-
D	-	-	351,55	-	-	-	-	-	-	-

Asal	Tujuan (nm)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
E	-	-	-	-	-	-	2,10	309,53	-	-
F	946,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
G	850,58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	735,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-
I	-	-	-	-	-	-	-	395,46	-	-
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	212,40

Jarak yang digunakan bukan hanya jarak ketika pergi tetapi juga jarak ketika pulang. Untuk rute multiport jarak pulang adalah jarak dari tujuan akhir ke pelabuhan asal. Berikut jarak kapal ketika pergi.

Tabel 5.12 Jarak Pulang Setiap Rute

Asal	Tujuan(nm)										Jarak Total (nm)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	-	-	-	350	-	-	-	-	-	-	350
B	-	-	-	-	-	-	-	-	1.626	-	1.626
C	-	-	-	-	4	-	-	-	-	-	4
D	-	-	352	-	-	-	-	-	-	-	352
E	-	-	-	-	-	-	-	309	-	-	309
F	946	-	-	-	-	-	-	-	-	-	946
G	851	-	-	-	-	-	-	-	-	-	851
H	735	-	-	-	-	-	-	-	-	-	735
I	-	-	-	-	-	-	-	395	-	-	395
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	212	212

5.6.4 Waktu Perjalanan Kapal

Rountrip days merupakan waktu kapal yang diperlukan oleh kapal dari asal menuju tujuan hingga kembali ke asal. Pada pembuatan model ini menggunakan pola operasi *multiport* dan *port to port*. Untuk pola operasi *port to port* total waktu trip didapatkan dari jarak dari pelabuhan asal ke tujuan ditambah dengan jarak dari pelabuhan tujuan ke asal. Sedangkan untuk *muultiport*, total waktu trip dihitung dari pelabuhan asal menuju pelabuhan-pelabuhan tujuan hingga kapal itu kembali ke pelabuhan asal, itu merupakan *rountrip days*. Untuk perhitungan desain kapal dapat dilihat di lampiran.

Tabel 5.13 Waktu Perjalanan Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi

Rute	Waktu Pelabuhan Asal (hari)	Waktu Berlayar (hari)	Total Waktu (hari)	Frekuensi maksimal (kali)	Frekuensi dibutuhkan (kali)
A-2-4	4	3	7	56	4
B-5-6-9	4	12	16	23	4
C-1	4	6	9	40	4
D-3	4	3	6	58	4
E-7-8	4	2	6	58	4
F-1	4	7	11	35	4
G-1	4	6	10	37	4
H-1	4	5	9	41	4
I-8	4	3	7	55	4
J-10	4	2	5	69	4

Tabel diatas menunjukkan waktu perjalanan kapal dengan ukuran kapal hasil regresi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 Total waktu perjalanannya adalah 7 hari, frekuensi maksimalnya 56. Rute B-5-6-9 Total waktu perjalanannya adalah 16 hari, frekuensi maksimalnya 23. Rute C-1 Total waktu perjalanannya adalah 9 hari, frekuensi maksimalnya 40. Rute D-3 Total waktu perjalanannya adalah 6 hari, frekuensi maksimalnya 58. Rute E-7-8 Total waktu perjalanannya adalah 6 hari, frekuensi maksimalnya 58. Rute F-1 Total waktu perjalanannya adalah 11 hari, frekuensi maksimalnya 35. Rute G-1 Total waktu perjalanannya adalah 10 hari, frekuensi maksimalnya 37. Rute H-1 Total waktu perjalanannya adalah 9 hari, frekuensi maksimalnya 41. Rute I-8 Total waktu perjalanannya adalah 7 hari, frekuensi maksimalnya 55. Rute J-10 Total waktu perjalanannya adalah 5 hari, frekuensi maksimalnya 69.

Waktu berlayar atau *seatime* adalah waktu kapal selama berlayar di laut. Waktu ini diperoleh dari hasil pembagian jarak dibagi dengan kecepatan kapal. *Seatime* berpengaruh pada konsumsi bahan bakar selama perjalanan.

Seatime dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{Seatime} = (S/V_s)/24 \text{ hari}$$

Keterangan:

S = Jarak Pelayaran

V_s = Kecepatan Kapal

Port time adalah waktu kapal selama di pelabuhan, dimana waktu ini terdiri dari beberapa komponen, diantaranya :

1. Waktu muat

Waktu Muat adalah waktu yang dibutuhkan kapal untuk memuat muatan dari dermaga ke dalam ruang muat kapal.

2. Waktu bongkar

Waktu bongkar adalah waktu yang dibutuhkan kapal untuk menurunkan muatan dari dalam ruang muat kapal. Waktu bongkar muat didapatkan dari total muatan yang diangkut kapal (payload) dibagi dengan kecepatan bongkar muat pelabuhan.

3. Idle Time

Idle Time yang dimaksud disini adalah waktu yang tidak digunakan oleh kapal saat dipelabuhan. *Idle Time* disini sudah termasuk *waiting time* dan *approaching time*.

5.6.5 Biaya Pokok Kapal

Biaya pokok kapal adalah biaya yang dikeluarkan pada saat membeli atau membangun sebuah kapal. Biaya pokok disertakan dalam perhitungan biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman. Pengembalian pinjaman direfleksikan sebagai pembayaran tahunan. Biaya pokok kapal didapat dari biaya membangun kapal baru atau membeli kapal baru atau bekas dikali dengan jumlah kebutuhan kapal. Tabel dibawah ini merupakan biaya pokok kapal dengan ukuran kapal hasil regresi.

Tabel 5.14 Biaya Pokok Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi

Rute	Cargo Terangkut (m ³ /tahun)	Jumlah kapal	Biaya pokok (Rp/tahun)
A-2-4	818.785	3	3.194.745.131
B-5-6-9	700.153	6	7.454.405.306
C-1	554.234	3	3.194.745.131
D-3	431.240	2	2.129.830.088
E-7-8	261.183	1	1.064.915.044
F-1	241.053	2	2.129.830.088
G-1	224.275	2	2.129.830.088
H-1	216.875	2	2.129.830.088
I-8	121.438	1	1.064.915.044
J-10	170.584	1	1.064.915.044

Tabel diatas menunjukkan besar biaya pokok kapal dengan ukuran kapal hasil regresi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya pokok kapalnya Rp 3.194.745.131 /tahun. Rute B-5-6-9 biaya pokok kapalnya Rp 7.454.405.306 /tahun. Rute C-1 biaya pokok kapalnya Rp 3.194.745.131 /tahun. Rute D-3 biaya pokok kapalnya Rp 2.129.830.088 /tahun. Rute E-7-8 biaya pokok kapalnya Rp 1.064.915.044 /tahun. Rute

F-1 biaya pokok kapalnya Rp 2.129.830.088 /tahun. Rute G-1 biaya pokok kapalnya Rp 2.129.830.088 /tahun. Rute H-1 biaya pokok kapalnya Rp 2.129.830.088 /tahun. Rute I-8 biaya pokok kapalnya Rp 1.064.915.044 /tahun. Rute J-10 biaya pokok kapalnya Rp 1.064.915.044 /tahun.

5.6.6 Biaya Operasional Kapal

Biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan sehari-hari untuk menjaga kapal dalam keadaan siap berlayar. Komponen biaya operasional kapal adalah gaji ABK, perawatan dan perbaikan, bahan makanan, stores, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Gaji ABK didapat dari gaji kru kapal dikali jumlah kru kapal dikali 13. Perawatan dan perbaikan didapat dari 3% dikali harga kapal dikali jumlah kapal. Asuransi kapal didapatkan dari 1,5% harga kapal dikali jumlah kapal. Suplai kru kapal didapatkan dari biaya suplai tiap orang dikali jumlah kru kapal dikali total hari kerja dikali jumlah kapal. Biaya administrasi dan dokumentasi didapatkan dari biaya administasi dikali dengan jumlah frekuensi berlayar. Tabel dibawah ini merupakan biaya operasional kapal dengan ukuran kapal hasil regresi.

Tabel 5.15 Biaya Operasional Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi

Rute	Gaji Crew (Rp/tahun)	Repair & Maintenance (Rp/tahun)	Asuransi Kapal (Rp/tahun)	Supplies Crew (Rp/tahun)	Dokumen & Administrasi (Rp/tahun)	Biaya Operasional (Rp/tahun)
A-2-4	6.084.000.000	287.527.062	143.763.531	711.750.000	2.520.000.000	9.747.040.593
B-5-6-9	14.196.000.000	1.565.425.114	782.712.557	1.660.750.000	3.220.000.000	21.424.887.672
C-1	6.084.000.000	287.527.062	143.763.531	711.750.000	1.200.000.000	8.427.040.593
D-3	4.056.000.000	127.789.805	63.894.903	474.500.000	1.160.000.000	5.882.184.708
E-7-8	2.028.000.000	31.947.451	15.973.726	237.250.000	870.000.000	3.183.171.177
F-1	4.056.000.000	127.789.805	63.894.903	474.500.000	700.000.000	5.422.184.708
G-1	4.056.000.000	127.789.805	63.894.903	474.500.000	740.000.000	5.462.184.708
H-1	4.056.000.000	127.789.805	63.894.903	474.500.000	820.000.000	5.542.184.708
I-8	2.028.000.000	31.947.451	15.973.726	237.250.000	550.000.000	2.863.171.177
J-10	2.028.000.000	31.947.451	15.973.726	237.250.000	690.000.000	3.003.171.177

Tabel diatas menunjukkan besar biaya operasional kapal dengan ukuran kapal hasil regresi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya operasionalnya Rp 9.747.040.593 /tahun. Rute B-5-6-9 biaya operasionalnya Rp 21.424.887.672 /tahun. Rute C-1 biaya operasionalnya Rp 8.427.040.593 /tahun. Rute D-3 biaya operasionalnya Rp 5.882.184.708 /tahun. Rute E-7-8 biaya operasionalnya Rp 3.183.171.177 /tahun. Rute F-1 biaya operasionalnya Rp 5.422.184.708/tahun. Rute G-1 biaya operasionalnya Rp 5.462.184.708/tahun. Rute H-1 biaya operasionalnya Rp 5.542.184.708 /tahun. Rute

I-8 biaya operasionalnya Rp 2.863.171.177 /tahun. Rute J-10 biaya operasionalnya Rp 3.003.171.177 /tahun.

5.6.7 Biaya Bahan Bakar Kapal

Biaya bahan bakar didapat dari hasil perkalian harga bahan bakar dengan SFR dan waktu serta margin. Bahan bakar yang digunakan untuk mesin induk adalah jenis MFO dengan harga Rp 10.560/liter dan bahan bakar yang digunakan untuk mesin bantu adalah jenis HSD dengan harga Rp 13.110/liter. Mesin induk digunakan pada saat kapal berlayar sedangkan mesin bantu digunakan pada saat kapal berlayar maupun berlabuh. Tabel dibawah ini merupakan biaya bahan bakar kapal dengan ukuran kapal hasil regresi.

Tabel 5.16 Biaya Bahan Bakar Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi

Rute	Main Engine (Rp/tahun)	Auxiliary Engine (Rp/tahun)	Fresh Water Cost (Rp/tahun)	Biaya Bahan Bakar (Rp/tahun)
A-2-4	19.134.536.274	108.461.296	39.477.387	19.282.474.957
B-5-6-9	83.953.384.995	475.877.377	37.810.259	84.467.072.630
C-1	29.516.229.077	167.308.390	16.191.898	29.699.729.365
D-3	12.941.879.371	73.359.134	9.997.679	13.025.236.185
E-7-8	5.736.267.845	32.515.188	4.732.383	5.773.515.416
F-1	21.022.868.069	119.165.026	10.825.329	21.152.858.424
G-1	19.975.812.535	113.229.946	10.628.464	20.099.670.945
H-1	19.138.658.804	108.484.664	10.690.617	19.257.834.085
I-8	6.902.767.407	39.127.319	5.018.291	6.946.913.017
J-10	4.651.260.747	26.364.985	4.841.810	4.682.467.542

Tabel diatas menunjukkan besar biaya bahan bakar kapal dengan ukuran kapal hasil regresi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya bahan bakar kapalnya Rp 19.282.474.957 /tahun. Rute B-5-6-9 biaya bahan bakar kapalnya Rp 84.467.072.630 /tahun. Rute C-1 biaya bakar kapalnya Rp 29.699.729.365 /tahun. Rute D-3 biaya bakar kapalnya Rp 13.025.236.185 /tahun. Rute E-7-8 biaya bakar kapalnya Rp 5.773.515.416 /tahun. Rute F-1 biaya bakar kapalnya Rp 21.152.858.424 /tahun. Rute G-1 biaya bakar kapalnya Rp 20.099.670.945 /tahun. Rute H-1 biaya bakar kapalnya Rp 19.257.834.085 /tahun. Rute I-8 biaya bakar kapalnya Rp 6.946.913.017 /tahun. Rute J-10 biaya bakar kapalnya Rp 4.682.467.542 /tahun.

5.6.8 Biaya Pelabuhan

Pada saat kapal dipelabuhan biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *service charge*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan dan infrastruktur lainnya yang

besarnya tergantung volume cargo, berat cargo, GRT kapal dan NRT kapal. *Service charge* meliputi jasa yang dipakai selama dipelabuhan termasuk pandu dan tunda. Tabel dibawah ini merupakan biaya pelabuhan dengan ukuran kapal hasil regresi.

Tabel 5.17 Biaya Pelabuhan dengan Ukuran Kapal hasil Regresi

Rute	Biaya Labuh (Rp/tahun)	Biaya Pandu (Rp/tahun)	Biaya Tunda (Rp/tahun)	Biaya Tambat (Rp/tahun)	Biaya Pelabuhan (Rp/tahun)
A-2-4	103.700.616	213.323.138	755.420.665	595.554.540	1.667.998.959
B-5-6-9	132.506.343	272.579.565	965.259.739	806.678.199	2.177.023.846
C-1	49.381.246	101.582.447	359.724.126	266.569.384	777.257.203
D-3	47.735.204	98.196.365	347.733.322	257.683.738	751.348.630
E-7-8	35.801.403	73.647.274	260.799.992	205.608.115	575.856.784
F-1	28.805.727	59.256.427	209.839.074	155.498.807	453.400.035
G-1	30.451.768	62.642.509	221.829.878	164.384.454	479.308.608
H-1	33.743.851	69.414.672	245.811.486	182.155.746	531.125.755
I-8	22.633.071	46.558.621	164.873.558	122.177.634	356.242.885
J-10	28.394.216	58.409.907	206.841.373	153.277.396	446.922.892

Tabel diatas menunjukkan besar biaya pelabuhan dengan ukuran kapal hasil regresi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya pelabuhannya Rp 1.667.998.959 /tahun. Rute B-5-6-9 biaya pelabuhannya Rp 2.177.023.846 /tahun. Rute C-1 biaya pelabuhannya Rp 777.257.203 /tahun. Rute D-3 biaya pelabuhannya Rp 751.348.630 /tahun. Rute E-7-8 biaya pelabuhannya Rp 575.856.784 /tahun. Rute F-1 biaya pelabuhannya Rp 453.400.035 /tahun. Rute G-1 biaya pelabuhannya Rp 479.308.608 /tahun. Rute H-1 biaya pelabuhannya Rp 531.125.755 /tahun. Rute I-8 biaya pelabuhannya Rp 356.242.885 /tahun. Rute J-10 biaya pelabuhannya Rp 446.922.892 /tahun.

5.6.9 Biaya Satuan Setiap rute

Biaya satuan merupakan hasil dari total biaya dibagi dengan volume cargo terangkut dan jarak total yang ditempuh.

Tabel 5.18 Biaya satuan kapal dengan Ukuran Kapal hasil Regresi

Rute	Cargo Terangkut (m ³ /tahun)	Jumlah kapal	Total Biaya (Rp/tahun)	Biaya Satuan (Rp/m ³ /nm)
A-2-4	818.785	3	74.196.375.265	128
B-5-6-9	700.153	7	154.148.166.928	67
C-1	554.234	3	70.887.426.310	83
D-3	431.240	2	49.617.631.827	164
E-7-8	261.183	1	24.511.974.529	151
F-1	241.053	2	45.951.654.765	101

Rute	Cargo Terangkut (m ³ /tahun)	Jumlah kapal	Total Biaya (Rp/tahun)	Biaya Satuan (Rp/m ³ /nm)
G-1	224.275	2	45.923.997.660	120
H-1	216.875	2	47.133.221.547	148
I-8	121.438	1	24.426.041.881	254
J-10	170.584	1	25.750.952.715	355

Tabel diatas menunjukkan besar biaya satuan kapal dengan ukuran kapal hasil dari regresi kapal pembanding untuk masing-masing rute. Sehingga ukuran kapal yang digunakan untuk setiap rute adalah sama, yaitu Lpp 90,15 m, B 15,98 m, H 7,65 m, T 5,71 m. Rute A-2-4 jumlah kapal yang digunakan 3 buah dan biayanya Rp 128 /m³/nm. Rute B-5-6-9 jumlah kapal yang digunakan 7 buah dan biayanya Rp 67 /m³/nm. Rute C-1 jumlah kapal yang digunakan 3 buah dan biayanya Rp 83 /m³/nm. Rute D-3 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biayanya Rp 164 /m³/nm. Rute E-7-8 jumlah kapal yang digunakan 1 buah dan biayanya Rp 151 /m³/nm. Rute F-1 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biayanya Rp 101 /m³/nm. Rute G-1 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biayanya Rp 120 /m³/nm. Rute H-1 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biayanya Rp 148 /m³/nm. Rute I-8 jumlah kapal yang digunakan 1 buah dan biayanya Rp 254 /m³/nm. Rute J-10 jumlah kapal yang digunakan 1 buah dan biayanya Rp 355 /m³/nm.

5.7 Perhitungan Ukuran Utama Kapal

Setelah didapatkan rute distribusi, selanjutnya adalah mencari ukuran kapal baru berdasarkan rute yang sudah dihasilkan. Untuk mencari ukuran kapal baru masing-masing rute menggunakan perhitungan desain kapal baru.

5.7.1 Model Matematis untuk Menentukan Ukuran Kapal Baru

Model matematis pada optimasi yang dikembangkan dalam menyelesaikan penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan rute distribusi dan ukuran kapal dengan biaya yang minimum. Berikut adalah model matematis yang digunakan sebagai optimasi untuk menentukan ukuran kapal baru dengan biaya yang minimum, dirumuskan dalam menyelesaikan permasalahan penelitian ini.

1. Objective Function

$$\text{Minimum } Z = \sum_{i=1}^n (TC_i / (Lo_i * F_i * d_i)) \quad \text{Persamaan 5.2}$$

Keterangan :

Z	= <i>Unit cost</i>	(Rp/m ³ /nm)
TC	= <i>Total Cost</i>	(Rp)
F	= Frekuensi maksimal	
i	= Kapal ke 1 sampai n	
Lo	= <i>Payload</i>	(ton)
d	= Total jarak	(nm)

Penjelasan untuk *Objective Function*

$$\text{Minimum } Z = \frac{\sum_{i=1}^n (K_i + O_i + B_i * F_i + P_i)}{\sum_{i=1}^n (Lo_i * F_i * d_i)} \quad \text{Persamaan 5.3}$$

Keterangan :

Z	= <i>Unit cost</i>	(Rp/m ³ /nm)
K	= Biaya Kapital	(Rp)
O	= Biaya Operasional	(Rp/tahun)
B	= Biaya Bahan Bakar	(Rp/tahun)
P	= Biaya Pelabuhan	(Rp/tahun)
F	= Frekuensi maksimal	
i	= Kapal ke 1 sampai n	
Lo	= <i>Payload</i>	(ton)
d	= Total jarak	(nm)

Biaya kapital dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$K = (W_{st} + C_{st}) + (W_{eo} + C_{eo}) + (W_m + C_m) + 10\%((W_{st} + C_{st}) + (W_{eo} + C_{eo}) + (W_m + C_m)) \quad \text{Persamaan 5.4}$$

Keterangan :

K	= Biaya Kapital	(Rp)
W_{st}	= Berat baja	(ton)
C_{st}	= Koefisien harga baja	
W_{eo}	= Berat peralatan dan perlengkapan	(ton)
C_{eo}	= Koefisien harga peralatan dan perlengkapan	
W_m	= Berat permesinan	
C_m	= Koefisien harga permesinan	(ton)

Biaya operasional dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$O = G + C + R + A + I \quad \text{Persamaan 5.5}$$

Keterangan :

O	= Biaya operasional	(Rp/tahun)
G	= Gaji kru kapal	(Rp/tahun)
C	= Perbekalan kru kapal	(Rp/tahun)
R	= Perawatan dan Perbaikan	(Rp/tahun)
A	= Dokumen dan administrasi	(Rp/tahun)
I	= Asuransi kapal	(Rp/tahun)

biaya bahan bakar dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$b = W_{fo} * C_{fo} + W_{do} * C_{do} + W_{fw} * C_{fw} \quad \text{Persamaan 5.6}$$

Keterangan :

B	= Biaya bahan bakar kapal	(Rp/tahun)
W_{FC}	= Kebutuhan bahan bakar mesin utama	(ton)
C_{MFO}	= Harga bahan bakar MFO	(Rp/ton)
W_{DO}	= Kebutuhan bahan bakar mesin bantu	(ton)
C_{HSD}	= Harga bahan bakar HSD	(Rp/ton)
W_{FW}	= Kebutuhan air bersih	(ton)
C_{FW}	= Harga air bersih	(Rp/ton)

Biaya pelabuhan dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$P = M + T + L + p + t \quad \text{Persamaan 5.7}$$

Keterangan :

P	= Biaya pelabuhan	(Rp/tahun)
M	= Biaya bongkar muat	(Rp/tahun)
T	= Biaya tunda	(Rp/tahun)
L	= Biaya labuh	(Rp/tahun)
p	= Biaya pandu	(Rp/tahun)
t	= Biaya tambat	(Rp/tahun)

Berat baja dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W_{st} = K * E^{1,36} * (1 + 0.5(C_B' - 0.70)) \quad \text{Persamaan 5.8}$$

$$C_B' = C_b + (1 - C_b) * ((0.8H - T) / 3T) \quad \text{Persamaan 5.9}$$

Keterangan :

W_{st}	= Berat baja
K	= Koefisien berat struktur kapal
E	= Luas total truktur kapal

C_b = Koefisien balok

H = Tinggi kapal

T = Sarat kapal

Kebutuhan air bersih dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$W_{FW} = (Z_C * C_{1fw} * (S/V_S) / (1/24) / (1/1000)) + (C_{2fw} * BHP * 10^{-3}) \quad \text{Persamaan 5.10}$$

$$Z_C = C_{st} * C_{dk} * (L * B * H * 35 / 10^5)^{1/6} + C_{eng} * (BHP / 10^5)^{1/3} + \text{cadet} \quad \text{Persamaan 5.11}$$

Keterangan :

Z_c = Jumlah kru kapal

C_{st} = Koefisien *deck department*

C_{dk} = Koefisien *steward department*

C_{eng} = Koefisien *engine department*

BHP = *Break horse power*

L = L_{pp}

B = Lebar kapal

H = Tinggi kapal

2. Decision Variable

Fungsi tujuan pada optimasi ini adalah:

LPP : Panjang garis kapal antara garis kemudi dengan garis tegak depan

B : Lebar kapal

H : Tinggi kapal

T : Sarat kapal

3. Constraint atau batasan bawah adalah :

a. Ukuran utama kapal \geq Ukuran utama kapal batas bawah

b. Ukuran utama kapal \leq Ukuran utama kapal batas atas

c. Perbandingan ukuran utama kapal \leq Perbandingan ukuran utama kapal Batas atas

d. Perbandingan ukuran utama kapal \geq Perbandingan ukuran utama kapal Batas bawah

e. Freeboard \geq batas Freeboard

f. DWT+LWT \leq Displasemen

g. Stabilitas \geq Standar IMO

5.7.2 Waktu Perjalanan Kapal

Rountrip days merupakan waktu kapal yang diperlukan oleh kapal dari asal menuju tujuan hingga kembali ke asal. Pada pembuatan model ini menggunakan pola operasi *multiport* maka total waktu trip dihitung dari pelabuhan asal menuju pelabuhan-pelabuhan yang dituju hingga kapal itu kembali, itu merupakan *rountrip days*. Untuk perhitungan desain kapal dapat dilihat di lampiran.

Tabel 5.19 Waktu Perjalanan Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi

Rute	Waktu di Pelabuhan (hari)	Waktu Berlayar (hari)	Total Waktu (hari)	Frekuensi Maksimal (kali)	Frekuensi dibutuhkan (kali)
A-2-4	4	3	7	55	161
B-5-6-9	4	12	16	23	137
C-1	4	6	9	39	111
D-3	4	3	6	60	92
E-7-8	4	2	6	58	52
F-1	3	7	10	39	70
G-1	3	6	9	43	72
H-1	3	5	9	43	52
I-8	4	3	7	55	25
J-10	4	2	5	67	33

Tabel diatas menunjukkan waktu perjalanan kapal dengan ukuran kapal hasil optimasi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 Total waktu perjalanannya adalah 7 hari, frekuensi maksimalnya 55. Rute B-5-6-9 Total waktu perjalanannya adalah 16 hari, frekuensi maksimalnya 23. Rute C-1 Total waktu perjalanannya adalah 9 hari, frekuensi maksimalnya 39. Rute D-3 Total waktu perjalanannya adalah 6 hari, frekuensi maksimalnya 60. Rute E-7-8 Total waktu perjalanannya adalah 6 hari, frekuensi maksimalnya 58. Rute F-1 Total waktu perjalanannya adalah 10 hari, frekuensi maksimalnya 39. Rute G-1 Total waktu perjalanannya adalah 9 hari, frekuensi maksimalnya 43. Rute H-1 Total waktu perjalanannya adalah 9 hari, frekuensi maksimalnya 43. Rute I-8 Total waktu perjalanannya adalah 7 hari, frekuensi maksimalnya 55. Rute J-10 Total waktu perjalanannya adalah 5 hari, frekuensi maksimalnya 67.

Waktu berlayar atau *seatime* adalah waktu kapal selama berlayar di laut. Waktu ini diperoleh dari hasil pembagian jarak dibagi dengan kecepatan kapal. *Seatime* berpengaruh pada konsumsi bahan bakar selama perjalanan.

Port time adalah waktu kapal selama di pelabuhan, dimana waktu ini terdiri dari beberapa komponen, diantaranya :

1. Waktu muat

Waktu Muat adalah waktu yang dibutuhkan kapal untuk memuat muatan dari dermaga ke dalam ruat muat kapal.

2. Waktu bongkar

Waktu bongkar adalah waktu yang dibutuhkan kapal untuk menurunkan muatan dari dalam ruang muat kapal. Waktu bongkar muat didapatkan dari total muatan yang diangkut kapal (payload) dibagi dengan kecepatan bongkar muat pelabuhan.

3. *Idle Time*

Idle Time yang dimaksud disini adalah waktu yang tidak digunakan oleh kapal saat dipelabuhan. *Idle Time* disini suda termasuk *waiting time* dan *approaching time*.

5.7.3 Biaya Pokok Kapal

Biaya pokok kapal adalah biaya yang dikeluarkan pada saat membeli atau membangun sebuah kapal. Biaya pokok disertakan dalam perhitungan biaya untuk menutup pembayaran bunga pinjaman. Pengembalian pinjaman direfleksikan sebagai pembayaran tahunan. Tabel dibawah ini merupakan biaya pokok kapal dengan ukuran kapal hasil optimasi.

Tabel 5.20 Biaya Pokok Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi

Rute	Payload Kapal (ton)	Jumlah kapal	Biaya pokok (Rp/tahun)
A-2-4	4.449	3	3.214.451.499
B-5-6-9	4.458	6	6.506.800.105
C-1	4.365	3	3.091.773.383
D-3	4.115	2	2.101.959.659
E-7-8	4.373	1	1.035.460.055
F-1	3.019	2	1.597.689.970
G-1	2.712	2	1.466.457.763
H-1	3.686	2	1.814.748.633
I-8	4.388	1	1.019.071.189
J-10	4.540	1	1.042.827.282

Tabel diatas menunjukkan besar biaya pokok kapal dengan ukuran kapal hasil optimasi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya pokok kapalnya Rp 3.214.451.499 /tahun Rute B-5-6-9 biaya pokok kapalnya Rp 6.506.800.105 /tahun. Rute C-1 biaya pokok kapalnya Rp 3.091.773.383 /tahun. Rute D-3 biaya pokok kapalnya Rp

2.101.959.659 /tahun. Rute E-7-8 biaya pokok kapalnya Rp 1.035.460.055 /tahun. Rute F-1 biaya pokok kapalnya Rp 1.597.689.970 /tahun. Rute G-1 biaya pokok kapalnya Rp 1.466.457.763 /tahun. Rute H-1 biaya pokok kapalnya Rp 1.814.748.633 /tahun. Rute I-8 biaya pokok kapalnya Rp 1.019.071.189 /tahun. Rute J-10 biaya pokok kapalnya Rp 1.042.827.282 /tahun.

5.7.4 Biaya Operasional Kapal

Biaya operasional adalah biaya-biaya tetap yang dikeluarkan sehari-hari untuk menjaga kapal dalam keadaan siap berlayar. Komponen biaya operasional kapal adalah gaji ABK, perawatan dan perbaikan, bahan makanan, stores, minyak pelumas, asuransi dan administrasi. Gaji ABK didapat dari gaji kru kapal dikali jumlah kru kapal dikali 13. Perawatan dan perbaikan didapat dari 3% dikali harga kapal dikali jumlah kapal. Asuransi kapal didapatkan dari 1,5% harga kapal dikali jumlah kapal. Suplai kru kapal didapatkan dari biaya suplai tiap orang dikali jumlah kru kapal dikali total hari kerja dikali jumlah kapal. Biaya administrasi dan dokumentasi didapatkan dari biaya administasi dikali dengan jumlah frekuensi berlayar. Tabel dibawah ini merupakan biaya operasional kapal dengan ukuran kapal hasil optimasi.

Tabel 5.21 Biaya Operasional Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi

Rute	Gaji Crew (Rp/tahun)	Repair & Maintenance (Rp/tahun)	Asuransi Kapal (Rp/tahun)	Supplies Crew (Rp/tahun)	Dokumen & Administrasi (Rp/tahun)	Biaya Operasional (Rp/tahun)
A-2-4	6.084.000.000	289.300.635	144.650.317	711.750.000	2.475.000.000	9.704.700.952
B-5-6-9	12.168.000.000	1.171.224.019	585.612.009	1.423.500.000	2.760.000.000	18.108.336.028
C-1	6.084.000.000	278.259.604	139.129.802	711.750.000	1.170.000.000	8.383.139.407
D-3	4.056.000.000	126.117.580	63.058.790	474.500.000	1.200.000.000	5.919.676.369
E-7-8	2.028.000.000	31.063.802	15.531.901	237.250.000	870.000.000	3.181.845.702
F-1	3.744.000.000	95.861.398	47.930.699	438.000.000	780.000.000	5.105.792.097
G-1	3.744.000.000	87.987.466	43.993.733	438.000.000	860.000.000	5.173.981.199
H-1	4.056.000.000	108.884.918	54.442.459	474.500.000	860.000.000	5.553.827.377
I-8	2.028.000.000	30.572.136	15.286.068	237.250.000	550.000.000	2.861.108.204
J-10	2.028.000.000	31.284.818	15.642.409	237.250.000	670.000.000	2.982.177.228

Tabel diatas menunjukkan besar biaya operasional kapal dengan ukuran kapal hasil optimasi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya operasionalnya Rp 9.704.700.952 /tahun. Rute B-5-6-9 biaya operasionalnya Rp 18.108.336.028 /tahun. Rute C-1 biaya operasionalnya Rp 8.383.139.407 /tahun. Rute D-3 biaya operasionalnya Rp 5.919.676.369 /tahun. Rute E-7-8 biaya operasionalnya Rp 3.181.845.702 /tahun. Rute F-1 biaya operasionalnya Rp 5.105.792.097/tahun. Rute G-1 biaya operasionalnya

Rp 5.173.981.199 /tahun. Rute H-1 biaya operasionalnya Rp 5.553.827.377 /tahun. Rute I-8 biaya operasionalnya Rp 2.861.108.204 /tahun. Rute J-10 biaya operasionalnya Rp 2.982.177.228 /tahun.

5.7.5 Biaya Bahan Bakar Kapal

Biaya bahan bakar didapat dari hasil perkalian harga bahan bakar dengan SFR dan waktu serta margin. Bahan bakar yang digunakan untuk mesin induk adalah jenis MFO dengan harga Rp 10.560/liter dan bahan bakar yang digunakan untuk mesin bantu adalah jenis HSD dengan harga Rp 13.110/liter. Mesin induk digunakan pada saat kapal berlayar sedangkan mesin bantu digunakan pada saat kapal berlayar maupun berlabuh. Tabel dibawah ini merupakan biaya bahan bakar kapal dengan ukuran kapal hasil optimasi.

Tabel 5.22 Biaya Bahan Bakar Kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi

Rute	Main Engine (Rp/tahun)	Auxiliary Engine (Rp/tahun)	Fresh Water Cost (Rp/tahun)	Biaya Bahan Bakar (Rp/tahun)
A-2-4	18.764.628.605	106.364.624	14.348.832	18.885.342.062
B-5-6-9	71.692.264.052	406.377.926	32.385.313	72.131.027.292
C-1	28.013.552.404	158.793.273	15.644.939	28.187.990.617
D-3	13.089.325.692	74.195.921	10.219.963	13.173.741.576
E-7-8	5.579.381.794	31.626.433	4.659.853	5.615.668.080
F-1	19.329.050.022	106.696.169	10.707.869	19.446.454.060
G-1	18.301.249.599	101.026.219	10.790.438	18.413.066.256
H-1	18.665.443.082	103.024.452	10.840.294	18.779.307.828
I-8	6.776.663.536	38.412.944	4.972.351	6.820.048.831
J-10	4.454.995.425	25.252.692	4.659.790	4.484.907.907

Tabel diatas menunjukkan besar biaya bahan bakar kapal dengan ukuran kapal hasil optimasi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya bahan bakar kapalnya Rp 18.885.342.062 /tahun. Rute B-5-6-9 biaya bahan bakar kapalnya Rp 72.131.027.292 /tahun. Rute C-1 biaya bakar kapalnya Rp 28.187.990.617 /tahun. Rute D-3 biaya bakar kapalnya Rp 13.173.741.576 /tahun. Rute E-7-8 biaya bakar kapalnya Rp 5.615.668.080 /tahun. Rute F-1 biaya bakar kapalnya Rp 19.446.454.060 /tahun. Rute G-1 biaya bakar kapalnya Rp 18.413.066.256 /tahun. Rute H-1 biaya bakar kapalnya Rp 18.779.307.828 /tahun. Rute I-8 biaya bakar kapalnya Rp 6.820.048.831 /tahun. Rute J-10 biaya bakar kapalnya Rp 4.484.907.907 /tahun.

5.7.6 Biaya Pelabuhan

Pada saat kapal dipelabuhkan biaya-biaya yang dikeluarkan meliputi *port dues* dan *service charge*. *Port dues* adalah biaya yang dikenakan atas penggunaan fasilitas pelabuhan seperti dermaga, tambatan, kolam pelabuhan dan infrastruktur lainnya yang besarnya tergantung volume cargo, berat cargo, GRT kapal dan NRT kapal. *Service charge* meliputi jasa yang dipakai selama dipelabuhkan termasuk pandu dan tunda. Tabel dibawah ini merupakan biaya pelabuhan dengan ukuran kapal hasil optimasi.

Tabel 5.23 Biaya Pelabuhan dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi

Rute	Biaya Labuh (Rp/tahun)	Biaya Pandu (Rp/tahun)	Biaya Tunda (Rp/tahun)	Biaya Tambat (Rp/tahun)	Biaya Pelabuhan (Rp/tahun)
A-2-4	103.233.233	210.926.853	745.750.084	604.141.022	1.664.051.193
B-5-6-9	115.215.427	235.312.090	831.885.660	715.026.549	1.897.439.727
C-1	47.770.117	98.658.497	349.692.134	258.849.814	754.970.563
D-3	47.471.907	99.633.605	354.456.986	244.668.543	746.231.041
E-7-8	35.533.356	73.373.681	260.060.552	205.076.190	574.043.780
F-1	23.886.489	57.647.380	211.168.762	95.448.437	388.151.068
G-1	24.367.606	61.550.420	227.395.983	89.466.606	402.780.614
H-1	30.682.501	67.995.967	244.816.381	144.225.384	487.720.233
I-8	22.471.955	46.394.172	164.429.100	122.300.914	355.596.140
J-10	28.069.227	57.225.202	202.219.851	157.281.158	444.795.437

Tabel diatas menunjukkan besar biaya pelabuhan dengan ukuran kapal hasil optimasi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 biaya pelabuhannya Rp 1.664.051.193/tahun. Rute B-5-6-9 biaya pelabuhannya Rp 1.897.439.727 /tahun. Rute C-1 biaya pelabuhannya Rp 754.970.563 /tahun. Rute D-3 biaya pelabuhannya Rp 746.231.041 /tahun. Rute E-7-8 biaya pelabuhannya Rp 574.043.780 /tahun. Rute F-1 biaya pelabuhannya Rp 388.151.068 /tahun. Rute G-1 biaya pelabuhannya Rp 402.780.614 /tahun. Rute H-1 biaya pelabuhannya Rp 487.720.233 /tahun. Rute I-8 biaya pelabuhannya Rp 355.596.437 /tahun. Rute J-10 biaya pelabuhannya Rp 444.795.437 /tahun.

5.7.7 Biaya Satuan Setiap rute

Biaya satuan merupakan hasil dari total biaya dibagi dengan muatan terangkut dan jarak total yang ditempuh. Satuan yang digunakan untuk biaya satuan pada penelitian ini adalah Rp/m³/nm.

Tabel 5.24 Biaya satuan kapal dengan Ukuran Kapal hasil Optimasi

Rute	Payload (ton)	Jumlah kapal	Total Biaya (Rp/tahun)	Biaya Satuan (Rp/m ³ /nm)
A-2-4	4.449	3	73.993.754.489	128
B-5-6-9	4.458	6	132.602.091.095	58
C-1	4.365	3	68.611.861.052	80
D-3	4.115	2	49.199.666.865	162
E-7-8	4.373	1	24.407.417.732	151
F-1	3.019	2	39.538.361.607	87
G-1	2.712	2	38.332.991.873	100
H-1	3.686	2	44.134.168.569	138
I-8	4.388	1	24.377.554.448	254
J-10	4.540	1	25.746.187.724	355

Tabel diatas menunjukkan besar biaya satuan kapal dengan ukuran kapal hasil dari optimasi untuk masing-masing rute. Sehingga ukuran kapal yang digunakan untuk setiap rute berbeda-beda. Rute A-2-4 jumlah kapal yang digunakan 3 buah dan biaya satuannya Rp 128 /m³/nm. Rute B-5-6-9 jumlah kapal yang digunakan 6 buah dan biaya satuannya Rp 58 /m³/nm. Rute C-1 jumlah kapal yang digunakan 3 buah dan biaya satuannya Rp 80 /m³/nm. Rute D-3 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biaya satuannya Rp 162 /m³/nm. Rute E-7-8 jumlah kapal yang digunakan 1 buah dan biaya satuannya Rp 151 /m³/nm. Rute F-1 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biaya satuannya Rp 87 /m³/nm. Rute G-1 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biaya satuannya Rp 100 /m³/nm. Rute H-1 jumlah kapal yang digunakan 2 buah dan biaya satuannya Rp 138 /m³/nm. Rute I-8 jumlah kapal yang digunakan 1 buah dan biaya satuannya Rp 254 /m³/nm. Rute J-10 jumlah kapal yang digunakan 1 buah dan biaya satuannya Rp 355 /m³/nm.

5.7.8 Ukuran Kapal Baru

Setelah didapatkan rute, selanjutnya adalah mencari ukuran kapal baru berdasarkan rute yang sudah dihasilkan. Untuk mencari ukuran kapal baru masing-masing rute menggunakan perhitungan desain kapal baru. Berikut hasil perhitungan untuk kapal baru dari masing – masing rute:

Tabel 5.25 Ukuran Kapal hasil Optimasi

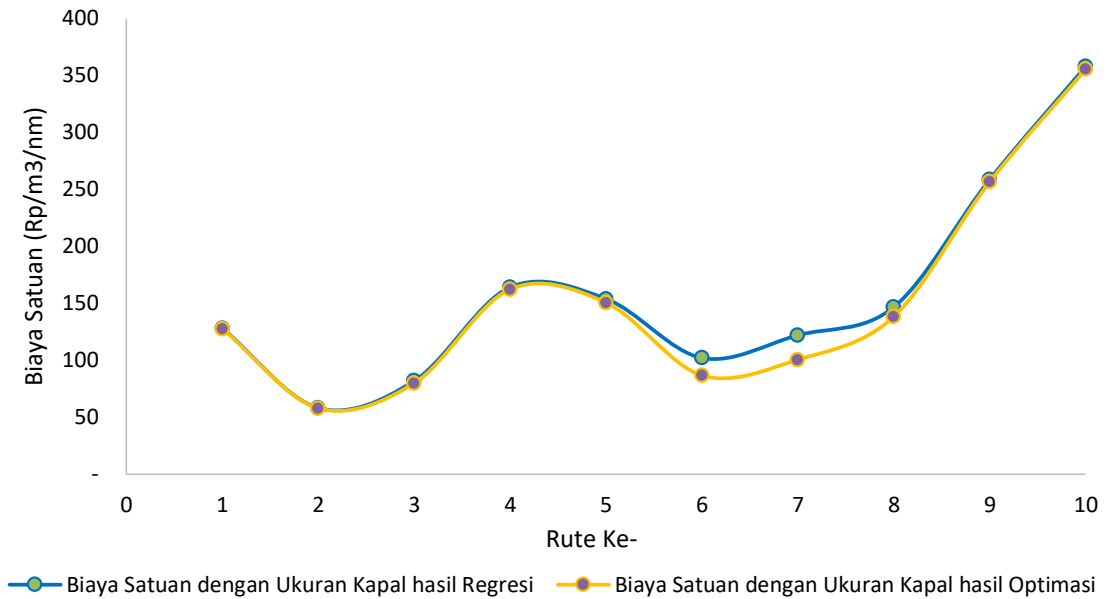
Rute	Ukuran			
	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)
A-2-4	89,01	16,42	7,68	5,59
B-5-6-9	89,12	16,83	7,44	5,31

Rute	Ukuran			
	Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)
C-1	86,00	16,45	7,88	5,64
D-3	89,34	16,48	7,13	5,24
E-7-8	85,70	16,76	7,75	5,50
F-1	75,96	15,98	7,06	4,91
G-1	72,74	15,53	7,16	5,09
H-1	77,18	17,54	7,44	5,37
I-8	81,82	17,67	7,87	5,66
J-10	84,25	17,14	8,00	5,67

Tabel diatas menunjukkan ukuran kapal hasil dari optimasi untuk masing-masing rute. Rute A-2-4 ukuran kapalnya LPP 89,01 m, B 16,42 m, H 7,68 m, T 5,59 m. Rute B-5-6-9 ukuran kapalnya LPP 89,12 m, B 16,83 m, H 7,44 m, T 5,31 m. Rute C-1 ukuran kapalnya LPP 86,00 m, B 16,45 m, H 7,88 m, T 5,64 m. Rute D-3 ukuran kapalnya LPP 89,34 m, B 16,48 m, H 7,13 m, T 5,24 m. Rute E-7-8 ukuran kapalnya LPP 85,70 m, B 16,76 m, H 7,75 m, T 5,50 m. Rute F-1 ukuran kapalnya LPP 75,96 m, B 15,98 m, H 7,06 m, T 4,91 m. Rute G-1 ukuran kapalnya LPP 72,74 m, B 15,53 m, H 7,16 m, T 5,09 m. Rute H-1 ukuran kapalnya LPP 77,18 m, B 17,54 m, H 7,44 m, T 5,37 m. Rute I-8 ukuran kapalnya LPP 82,52 m, B 17,67 m, H 7,87 m, T 5,66 m. Rute J-10 ukuran kapalnya LPP 84,25 m, B 17,14 m, H 8,00 m, T 5,67 m.

5.8 Perbandingan Biaya Satuan Setiap Rute

Setelah dilakukan perhitungan dengan model yang dibuat terdapat perbedaan biaya satuan yang dihasilkan, yaitu antara distribusi FAME menggunakan ukuran awal kapal berdasarkan hasil regresi dengan ukuran kapal baru dari hasil optimasi. Kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui penyebab dari perbedaan hasil tersebut. Berikut biaya-biaya yang dikeluarkan dengan menggunakan ukuran kapal hasil regresi.



Gambar 5.26 Grafik Biaya Satuan

Dari data kedua grafik diatas dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan biaya-biaya yang dihasilkan dari perhitungan. Berdasarkan kedua grafik diatas dapat diketahui bahwa dari rute 1 sampai rute 10 biaya satuan yang dihasilkan lebih murah jika menggunakan ukuran kapal hasil optimasi, dimana perbedaan antar biaya tidak terlalu signifikan. Perbedaan pada biaya satuan antara ukuran kapal hasil regresi dan optimasi juga tidak berbeda jauh yaitu kurang dari Rp 50. Jadi ukuran kapal yang digunakan adalah ukuran kapal hasil optimasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian dan perhitungan yang telah dilakukan, maka diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut :

- 1) FAME memiliki potensi yang besar untuk dikembangkan sebagai bahan bakar nabati. Berdasarkan data *History* tahun 2016-2018, dibuat peramalan untuk 5 tahun kedepan dan didapatkan hasil pada tahun 2019 total konsumsi 6,29 juta kL. Tahun 2020 total konsumsi 7,51 juta kL. Tahun 2021 total konsumsi 8,72 juta kL. Tahun 2022 total konsumsi 9,94 juta kL. Tahun 2023 total konsumsi 11,15 juta kL. Dimana setiap tahunnya rata-rata mengalami kenaikan sebesar 16%.
- 2) Armada yang digunakan untuk mengirim FAME, yaitu:
 - Rute 1 ukuran kapalnya LPP 89,01 m, B 16,42 m, H 7,68 m, T 5,59 m.
 - Rute 2 ukuran kapalnya LPP 89,12 m, B 16,83 m, H 7,44 m, T 5,31 m.
 - Rute 3 ukuran kapalnya LPP 86,00 m, B 16,45 m, H 7,88 m, T 5,64 m.
 - Rute 4 ukuran kapalnya LPP 89,34 m, B 16,48 m, H 7,13 m, T 5,24 m
 - Rute 5 ukuran kapalnya LPP 85,70 m, B 16,76 m, H 7,75 m, T 5,50 m.
 - Rute 6 ukuran kapalnya LPP 75,96 m, B 15,98 m, H 7,06 m, T 4,91 m.
 - Rute 7 ukuran kapalnya LPP 72,74 m, B 15,53 m, H 7,16 m, T 5,09 m
 - Rute 8 ukuran kapalnya LPP 77,18 m, B 17,54 m, H 7,44 m, T 5,37 m.
 - Rute 9 ukuran kapalnya LPP 82,52 m, B 17,67 m, H 7,87 m, T 5,66 m.
 - Rute 10 ukuran kapalnya LPP 84,25 m, B 17,14 m, H 8,00 m, T 5,67 m.
- 3) Pengiriman FAME pada Tugas Akhir ini menggunakan pola operasi *multiport*. Rute distribusi FAME, yaitu
 - Rute 1 = Wilmar Nabati Gresik – TBBM Surabaya – TBBM Jakarta.
 - Rute 2 = Wilmar Bioenergi Dumai – TBBM Tanjung Uban – TBBM Kotabaru – TBBM Wayame
 - Rute 3 = Musim Mas Batam – TBBM Balikpapan
 - Rute 4 = Cemerlang Energi Perkasa Dumai – TBBM Plaju
 - Rute 5 = Permata Hijau Medan – TBBM Medan – TBBM Teluk Kabung.
 - Rute 6 = Intibenua Perkasamata Dumai – TBBM Balikpapan

- Rute 7 = Bayas Riau – TBBM Balikpapan.
 - Rute 8 = Tunas Baru Lampung – TBBM Balikpapan.
 - Rute 9 = LDC Lampung – TBBM Teluk Kabung.
 - Rute 10 = Sinarmas Marunda, Bekasi – TBBM Semarang.
- 4) Biaya distribusi FAME setiap rute, yaitu rute 1 biaya satuannya Rp 128 /m³/nm, rute 2 biaya satuannya Rp 58 /m³/nm, rute 3 biaya satuannya Rp 80 /m³/nm, rute 4 biaya satuannya Rp 162 /m³/nm, rute 5 biaya satuannya Rp 151 /m³/nm, rute 6 biaya satuannya Rp 87 /m³/nm, rute 7 biaya satuannya Rp 100 /m³/nm, rute 8 biaya satuannya Rp 138 /m³/nm, rute 9 biaya satuannya Rp 254 /m³/nm, rute 10 biaya satuannya Rp 355 /m³/nm.

6.2 Saran

Berdasarkan pengamatan penulis selama pengambilan data, pengolahan data, analisis perhitungan serta perancangan desain, terdapat beberapa saran yang dapat menjadi rekomendasi untuk penelitian selanjutnya. Saran-saran tersebut antara lain sebagai berikut:

1. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan titik asal dan titik tujuan.
2. Penelitian selanjutnya dapat menambahkan desain konseptual kapal.

DAFTAR PUSTAKA

- Berutu, Karina Mia. (2007). Dampak Lama Transportasi Terhadap Penyusutan Bobot Badan, Ph Daging Pasca Potong Dan Analisa Biaya Transportasi Sapi Potong Peternakan Ongole Dan Shorthorn
- Arif, H. (2018, September 11). *Apa Sih Arti Sebenarnya Solar B20?* Diambil kembali dari OTODRIVER.COM: https://otodriver.com/article/view/apa-sih-arti-sebenarnya-solar-b20/Q3QhX420pIbp2Npt_uy-mGawwaptqtWY2ECIIIVlxck
- EBTKE, H. (2018, Agustus 31). *FAQ : Program Mandatori B20*. Diambil kembali dari Direktorat Jenderal Energi Baru Terbarukan dan Konservasi Energi (EBTKE): <http://ebtke.esdm.go.id/post/2018/08/31/2009/faq.program.mandatori.b20?lang=en>
- Kim, R. (t.thn.). *Biodiesel*. Diambil kembali dari Academia: <https://www.academia.edu/18370721/Biodiesel>
- Mengenal Oil Tanker dan Chemical Tanker*. (2017, Agustus 22). Diambil kembali dari Jurnal Maritim: <https://jurnalmaritim.com/mengenal-oil-tanker-dan-chemical-tanker/>
- P., G. A. (t.thn.). *Perencanaan Sistem Distribusi LPG 3 Kilogram: Studi Kasus Kalimantan Timur*. Surabaya.
- Rachmat, M. N. (2010). *Perencanaan Pola Distribusi LPG untuk memenuhi permintaan di wilayah Indonesia Berbasis Security of Supply*. Surabaya.
- Suparjo. (2017). Metode Saving Matrix Sebagai Metode Alternatif untuk Efisiensi Biaya Distribusi (Studi Empirik Pada Perusahaan Angkutan Kayu Gelondongan Di Jawa Tengah). *MEDIA EKONOMI DAN MANAJEMEN*, 137-153.
- Suryani, D. K. (2018). Perbandingan Penerapan Metode Nearest Neighbour Dan Insertion Untuk Penentuan Rute Distribusi Optimal Produk Roti Pada Ukm Hasan Bakery Samarinda . *Profisiensi, Vol.6 No.1*, 41-49.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIODATA PENULIS



Nama lengkap penulis adalah Fitri Ariyani, dilahirkan di Jombang, 8 Februari 1997. Riwayat pendidikan formal penulis dimulai dari SDN 1 Tawang Sari (2003-2009), SMPN 1 Taman (2009-2012), SMAN 1 Taman (2012-2015), dan pada tahun 2015 penulis diterima sebagai mahasiswa Departemen Teknik Transportasi Laut, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS). Selama masa perkuliahan, penulis mengikuti berbagai kegiatan, seperti LKMM Pra Tingkat Dasar Fakultas Teknologi Kelautan di tahun 2015, Pelatihan Karya Tulis Ilmiah Departemen Teknik Transportasi Laut di tahun 2015, Program Studi Islam 1 JMMI ITS di tahun 2016, pelatihan arena tahun 2017. Untuk organisasi yang pernah dilakukan oleh penulis diantaranya Staff LDJ Teknik Transportasi Laut di tahun 2016, staf kesehatan acara gerigi ITS tahun 2016, staf perlengkapan acara Program Studi Islam 1 JMMI ITS di tahun 2017. Selain itu penulis juga mendapatkan Beasiswa PPA dari pemerintah. Saat ini penulis tinggal di Sidoarjo. Untuk berkomunikasi bisa langsung kontak ke nomor berikut ini 088805771252 atau e-mail ke: riyanifitri8@gmail.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

Lampiran 1. Contoh Perhitungan Rute 1 dengan Ukuran Utama Hasil Regresi

Lampiran 2. Hasil Optimasi rute

Lampiran 3. Rangkuman Hasil Perhitungan Rute dengan Ukuran Utama Hasil Regresi

Lampiran 4. Hasil Perhitungan Rute dengan Ukuran Utama Hasil Optimasi

**Lampiran 1. Perhitungan Rute 1
dengan Ukuran Utama Hasil Optimasi**

Koreksi Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

$$L_{pp} = 89,008 \text{ m}$$

$$B = 16,418 \text{ m}$$

$$T = 5,588 \text{ m}$$

$$H = 7,676 \text{ m}$$

$$V_s = 12 \text{ Knot}$$

$$= 6,173 \text{ m/s}$$

$$\text{Jarak Pelayaran} = 358,882$$

Perbandingan Ukuran Utama

$$L/B = 5,42 \rightarrow 3,5 < L/B < 10 \quad \text{Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19}$$

$$B/T = 2,94 \rightarrow 1,8 < B/T < 5 \quad \text{Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19}$$

$$L/T = 15,92808599 \rightarrow 10 < L/T < 30 \quad \text{Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19}$$

$$L/16 = 5,562991853 \rightarrow H > L/16 \quad \text{BKI Vol. II Tahun 2006}$$

Perhitungan Froude Number

$$Fn = V_s / \sqrt{(g \cdot L)}$$

$$= 0,209$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 58

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$\text{syarat } Fn = 0,15 \leq Fn \leq 0,3$$

$$\rho = 1,025 \text{ ton/m}^3$$

Perhitungan Koefisien

Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

$$CB = -4,22 + 27,8 \sqrt{Fn} - 39,1 Fn + 46,6 Fn^3 \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-12})$$

$$= 0,743$$

Koefisien Luas Midship (Series '60)

$$CM = 0,977 + 0,085 (CB - 0,60) \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-12})$$

$$= 0,982$$

Koefisien Prismatic

$$C_x = C_m \quad (\text{Parametric Ship Design hal. 11-10})$$

$$C_p = C_b / C_x$$

$$= 0,756$$

Koefisien Bidang Garis Air (Parametric Ship Design hal. 11-16)

$$CWP = C_b / (0,471 + (0,551 * C_b))$$

$$= 0,844$$

Panjang Garis Air

$$\text{LWL} = 104\% \cdot \text{LPP}$$

$$= 92,568 \text{ m}$$

Longitudinal Center of Bouyancy

$$\text{a. LCB (\%)} = -13.5 + 19.4 \text{ CP}$$

$$= 1,173 \text{ m}$$

$$\text{b. LCB dari M} = \text{LCB \%} / 100 \cdot \text{LPP}$$

$$= 1,044 \text{ m dari M}$$

$$\text{c. LCB dari AP} = 0.5 \cdot \text{LPP} - \text{LCBM}$$

$$= 45,24020409 \text{ m dari AP}$$

$$\text{Volume Displasemen} = \text{Lwl} \cdot \text{B} \cdot \text{T} \cdot \text{Cb}$$

$$= 6.309,853633 \text{ m}^3$$

$$\text{Displasemen} = \text{Lwl} \cdot \text{B} \cdot \text{T} \cdot \text{Cb} \cdot \rho$$

$$= 6.467,599974 \text{ ton}$$

Perhitungan Hambatan

Ukuran Utama

$$\text{LPP} = 89,008 \text{ m}$$

$$\text{B} = 16,418 \text{ m}$$

$$\text{T} = 5,588 \text{ m}$$

$$\text{H} = 7,676 \text{ m}$$

$$\text{LWL} = 92,568 \text{ m}$$

Koefisien

$$\text{CB} = 0,743$$

$$\text{CM} = 0,982$$

$$\text{CP} = 0,756$$

$$\text{CWP} = 0,844$$

$$\text{LCB} = 1,173$$

$$\text{Fn} = 0,209$$

$$\text{Cstern} = -$$

$$\text{VS} = 6,173 \text{ m/s}^2$$

Hambatan

1. Viscous Resistance (Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91)

$$\begin{aligned}R_n &= \text{Angka reynolds} \\ &= (LWL \cdot V_s)/(1.18831 \times 10^{-6}) \\ &= 480.855.070,532\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CFO &= \text{Koefisien tahanan gesek} \\ &= 0,075/(\log R_n - 2)^2 \\ &= 0,002\end{aligned}$$

2. Resistance Appendages (Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91)

$$\begin{aligned}C &= 1 + (0.011 \cdot C_{\text{stern}}) \\ &= 1,000\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}LR/L &= (1 - CP + 0,06 \cdot CP \cdot LCB)/(4 \cdot CP - 1) \\ &= 0,270\end{aligned}$$

$$LWL^3/V = 125,709$$

$$\begin{aligned}1+k_1 &= 0,93+0,4871 \cdot C \cdot (B/L)1,0681 \cdot (T/L)0,4611 \cdot (L/LR)0,1216(L^3/V)^* \\ &\quad 0,3649(1-CP)-0,6042 \\ &= 1,289\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}1 + k_2 &= \text{lihat di tabel} && (\text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}) \\ &= 1,400\end{aligned}$$

Wetted Surface Area (S)

$$\begin{aligned}ABT &= 0 \quad ; \text{tanpa bulb} && (\text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}) \\ &= 0 \quad \text{m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S &= \text{Wetted Surface Area} && (\text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91}) \\ &= L(2T + B)C_m^{0.5} (0.453 + 0.4425 C_b - 0.2862C_m - 0.003467 B/T + \\ &\quad 0.3696 C_{wp}) + 2.38 ABT/C_b \\ &= 2.031,302 \quad \text{m}^2\end{aligned}$$

Wetted Surface Area of Appendages (Sapp)

$$\begin{aligned}\text{Srudder} &= c_1 \cdot c_2 \cdot c_3 \cdot c_4 (1.75 \cdot L \cdot T/100) && (\text{BKI Vol. II hal 14-1}) \\ &= 17,408 \text{ m}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Sbilgekeel} &= 4 \cdot (0.6 \cdot CB \cdot LPP) \cdot (0.18/(CB-0.2)) \\ &= 52,614\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}S_{\text{app}} &= \text{Srudder} + \text{Sbilgekeel} \\ &= 70,023 \quad \text{m}^2\end{aligned}$$

$$\text{Stotal} = S + S_{\text{app}}$$

$$= 2.101,325$$

$$1 + K = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \cdot S_{app}/S_{tot}$$

$$= 1,293 \quad (\text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92})$$

3. Wave Making Resistance

$$B/LWL = 0,177$$

$$C_4 = 0,177 \quad ; \text{ karena } 0.11 < B/LWL \leq 0.25$$

$$T_a = 5,588 \text{ m}$$

$$T_f = 5,588 \text{ m}$$

$$iE = 125.67 B/L - 162.25C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + 6.8 (T_a - T_f)/T)^3$$

$$= 31,927$$

$$d = -0,900 \quad ; \text{ Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - iE)^{-1.3757}$$

$$= 3,724$$

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 \cdot C_p$$

$$= 1,200 \quad ; \text{ untuk } C_p \leq 0.8$$

$$V^{1/3}/LWL = 0,201$$

$$m_1 = 0.01404 L/T - 1.7525V^{1/3}/L - 4.7932 B/L - C_5$$

$$= -2,170$$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \quad ; \quad L/B < 16$$

$$= 0,925$$

$$L^3/V = 125,709$$

$$C_6 = -1,694$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4e^{-0.034Fn} - 3.29$$

$$= -0,002 \quad \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

$$C_2 = 1,000 \quad \text{tanpa bulbous bow}$$

$$AT = -$$

$$C_3 = 1 - 0.8 AT/(BTCM)$$

$$= 1,000$$

$$RW/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda \cdot Fn - 2))}$$

$$= 0,001 \quad ; \text{ Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92}$$

4. Air Resistance

$$C_A = 0,006 ((LWL + 100)^{-0.16}) - 0,00205$$

$$= 0,001 \quad ; \text{ Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93}$$

Bouyancy

$$W = D \cdot g$$
$$= 63.447,156$$

Total Resistance

$$R_{total} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot Stot [CF (1 + k) + CA] + RW/W \cdot W$$
$$= 111.117,758 \quad N$$
$$= 111,118 \quad kN \quad \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93}$$

$$R_{total} + 15\% R_{total} = 127,785 \quad kN$$

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

$$LWL = 92,568 \quad m$$

$$T = 5,588 \quad m$$

$$CB = 0,743$$

$$RT = 127,785 \quad kN$$

$$D = 2,550 \quad m \quad ; \text{Diameter (0.6 s.d. 0.65) } \cdot T$$

$$nrpm = 110,000 \quad rpm$$

$$nrps = 1,833 \quad rps$$

$$P/D = 1,000 \quad ; \text{Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)}$$

$$z = 4,000 \quad \text{blade} \quad ; \text{Jumlah Blade}$$

$$AE/A0 = 0,400 \quad ; \text{Expanded Area Ratio}$$

Perhitungan Awal

$$1+k = 1,293$$

$$CF = 0,002$$

$$CA = 0,001$$

$$CV = (1+k) CF + CA \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 162}$$
$$= 0,003$$

$$w = 0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163}$$
$$= 0,143$$

$$t = 0,100 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 163}$$

$$V_a = V_s (1 - w) \quad ; \text{Speed of Advantages}$$
$$= 5,290 \quad ;(\text{parametric design hal 11-27})$$

Propulsive Coefficient Calculation

$$\eta_H = \text{Hull Efficiency} \quad ;(\text{parametric design hal 11-29})$$
$$= (1 - t)/(1 - w)$$

$$= 1,050$$

$$\begin{aligned}\eta_O &= \text{Open Water Test Propeller Efficiency} \\ &= (J/(2 \cdot n)) \cdot (KT/KQ) \quad ; (\text{propeller B-series} = 0.5 - 0.6) \\ &= 0,600\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_r &= \text{Rotative Efficiency} \quad ; \text{Ship Resistance and Propulsion Modul 7 hal. 2} \\ &= 0,985 \quad (\text{PNA vol 2 hal 163})\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\eta_p &= \text{Quasi-Propulsive Coefficient} \\ &= \eta_o \eta_r \quad (\text{parametric design hal 11-27}) \\ &= 0,591\end{aligned}$$

Effective Horse Power (EHP)

$$\begin{aligned}PE &= R_t \times V_s \\ &= 788,794 \quad \text{KW}\end{aligned}$$

Thrust Horse Power

$$\begin{aligned}THP &= PE \cdot (1-w)/(1-t) \\ &= 751,100 \quad \text{KW}\end{aligned}$$

Delivered Horse Power

$$\begin{aligned}DHP &= \text{Delivered Power at Propeller} \quad ; (\text{parametric design hal 11-29}) \\ &= PT/\eta_p \\ &= 1.270,896 \quad \text{Kw}\end{aligned}$$

Shaft Horse Power

$$\begin{aligned}\eta_S &= \text{Shaft Efficiency} ; (0.981 \sim 0.985) \\ &= 0,980 \quad ; \text{untuk mesin di after} \\ PS &= \text{Shaft Power} \quad (\text{parametric design hal 11-29}) \\ &= PD/\eta_S \\ &= 1.296,833 \quad \text{kw}\end{aligned}$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\begin{aligned}\eta_R &= \text{Reduction Gear Efficiency} \\ &= 0,980\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}PB0 &= \text{Brake Horse Power (BHP0)} \\ &= PS/\eta_R \\ &= 1.323,299 \quad \text{Kw}\end{aligned}$$

$$\text{Koreksi MCR} = 15\% \cdot PB0$$

$$PB = 115\% \cdot PB0 = BHP$$

$$BHP = 1.521,794 \quad \text{Kw}$$

$$= \text{BHP} \cdot 1.3596 \text{ HP}$$

$$= 2.069,03 \text{ HP}$$

$$\text{MCR} = 1.750,06 \text{ kW}$$

$$= 2.346,83 \text{ HP}$$

Koreksi

$$\text{Letak Mesin} = 52,50 \text{ m}$$

$$\text{Rute} = 175,01$$

$$\text{Total PB} = 1.749,30 \text{ kW}$$

$$\text{Total BHP} = 2.378,35 \text{ HP} \quad , \text{dengan } 1 \text{ kW} = 1,341 \text{ HP}$$

$$\text{MCR} = 2.011,70 \text{ kW}$$

$$= 2.697,69 \text{ HP}$$

Pemilihan Mesin Induk

$$\text{Daya} = 2.380,0 \text{ kW} \quad 3.192 \text{ BHP}$$

$$\text{Rpm} = 800,0$$

$$\text{L} = 5.960,0 \text{ mm}$$

$$\text{B} = 2.035,0 \text{ mm} \quad 1.017,500$$

$$\text{T} = 3.565,0 \text{ mm}$$

$$\text{Dry mass} = 36,0$$

$$\text{SFR fuel} = 185,0$$

$$\text{SFR Lub} = 0,8$$

Pemilihan Genset

$$\text{Daya (kW)} = 620 \text{ kW}$$

$$\text{L} = 5.520 \text{ mm}$$

$$\text{B} = 1.600 \text{ mm}$$

$$\text{T} = 2.380 \text{ mm}$$

$$\text{Dry mass} = 18$$

Perhitungan Berat Mesin

(Ship Design for Efficiency & Economy - SCHNEEKLUTH ; hal 175-176)

Input Data

$$\text{D} = \text{Diameter Propeler}$$

$$= 2,550 \text{ m}$$

$$\text{nrpm} = 110$$

$$\text{z} = 4$$

$$\text{AE/AO} = 0,4$$

DHP = Delivered Power at Propeller

$$= 1.270,896 \text{ KW}$$

BHP = Brake Horse Power

$$= 1.323,299 \text{ KW}$$

We = Berat Mesin Induk

$$= 36,000 \text{ Ton}$$

Unit Propulsi

Wgear = Berat Gear Box

$$= 6,000 \text{ Ton}$$

l = Panjang Poros = $0,05 \cdot L_{pp}$

= 2 m untuk area gearbox, poros,

= + 3 m untuk area gangway

$$= 4,450 \text{ m}$$

Ms/l = Berat Poros/Panjang Poros

$$= 0.081(PD/Nrpm)^{(2/3)}$$

$$= 0,650 \text{ Ton}$$

Ms = Berat Poros Propeler

$$= M_s/l \cdot l$$

$$= 2,891 \text{ Ton}$$

Wprop = Berat Propeler

$$= 3,800 \text{ Ton}$$

Wproptotal = Wgear + Ms + Wprop

$$= 12,691 \text{ Ton}$$

Unit Elektrikal

Wgs = Berat untuk 2 Genset

$$= 36,000 \text{ Ton}$$

Lain - Lain :

Wot = $(0.04 \sim 0.07) \cdot PB$

$$= 92,631 \text{ Ton}$$

Berat Total Permesinan

Wtotal = We + Wproptotal + Wgs + Wot

$$= 177,322 \text{ Ton}$$

Titik Berat Machinery :

hdb M = Tinggi Double bottom KM

$$= (350+45*B)/(10^3) \quad (\text{BKI vol 2 section 24 hal 24-2})$$

$$= 1,440 \text{ m}$$

$$\text{KG} = h_{db} + 0.35 \cdot (H - h_{db})$$

$$= 3,622 \text{ m}$$

$$\text{LCB} = \text{Panjang Ceruk Buritan}$$

$$= 5\% \cdot \text{LPP}$$

$$= 4,361 \text{ m}$$

$$\text{LCGFP} = \text{LWL} - \text{LCB} - 8$$

$$= 80,207 \text{ m}$$

$$\text{LCGM} = - (\text{LCGFP} - 0.5 \cdot \text{LPP}) \quad (\text{parametric design hal 11-25})$$

$$= -35,703 \text{ m}$$

Perhitungan Berat Baja

Input data

$$\text{LPP} = 89,01 \text{ m}$$

$$\text{Lwl} = 92,57 \text{ m}$$

$$\text{B} = 16,42 \text{ m}$$

$$\text{T} = 5,59 \text{ m}$$

$$\text{H} = 7,68 \text{ m}$$

$$\text{Cb} = 0,74$$

Lloyd Equipment Numeral (E)

$$\text{E} = \text{E}_{hull} + \text{ESS} + \text{Edh} \quad ;(\text{ Parametric design hal 11-22 })$$

$$= L(B + T) + 0.85L(D - T) + 0.85 \sum lihi + + 0.75 \sum ljhj$$

$$\text{E}_{hull} < T = L (B + T) \quad (\text{ Parametric design hal 11-22 })$$

$$= 2.037,042 \text{ m}^2$$

$$\text{E}_{hull} > T = 0.85 (D - T)$$

$$= 164,244 \text{ m}^2$$

$$\text{E}_{hull} = L (B + T) + 0.85 (D - T)$$

$$= 2.201,286 \text{ m}^2$$

Eforecastle

$$li = 10\% \text{ Lpp} = 9,257 \text{ m}$$

$$hi = 2.4 \text{ m} - 3.5 \text{ m} = 2,400 \text{ m}$$

$$\text{Vf} ; \text{asumsi } H = 2.5 = 55,541 \text{ m}^3$$

$$\text{Eforecastle} = 18,884 \text{ m}^2$$

Epoop

$$li = 23\% Lpp = 20,472 \quad m$$

$$hi = 2.4m-3.5m = 2,400 \quad m$$

$$Epoop = 41,762 \text{ m}^2$$

$$Ess = Epoop + Eforecastle$$

$$= 60,646 \text{ m}^2$$

Edeckhouse

Edh1

$$li = 18\% Lpp \quad :16,021 \text{ m}$$

$$hi = 2.5 \text{ m} - 3.0 \text{ m} \quad :2,400 \text{ m}$$

$$Edh1 = 28,839 \quad m^2$$

Edh2

$$li = 12\% Lpp \quad 10,681 \text{ m}$$

$$= 2.4 \text{ m} - 3.0 \text{ m} \quad :2,400 \text{ m}$$

$$Edh2 = 19,226 \text{ m}^2$$

Edh3

$$li = 9.5\% Lpp \quad = 8,456 \text{ m}$$

$$hi = 2.4 \text{ m} - 3.0 \text{ m} \quad = 2,400 \text{ m}$$

$$Edh3 = 15,220 \text{ m}^2$$

Ewheelhouse

$$li = 7\% Lpp \quad = 6,231 \text{ m}$$

$$hi = 2.4m-3.0m \quad = 2,400 \text{ m}$$

$$Ewheelhouse = 11,215 \text{ m}^2$$

$$Edeckhouse = Edh1 + Edh2 + Edh3 + Ewheelhouse$$

$$= 74,500 \text{ m}^2$$

$$Etot = Ehull + ESS + Edh \quad (\text{ Parametric design hal 11-22 })$$

$$= 2.336,432 \quad m^2$$

Total Weight Steel (W_s)

$$CB' = Cb + (1 - Cb)((0.8D - T)/3T) \quad ;(\text{ Parametric design hal 11-22 })$$

$$CB = 0,743$$

$$CB' = 0,751$$

$$WS(E) = K E 1.36 (1 + 0.5(CB' - 0.70))$$

$$K = 0,032 \quad ; \text{ lihat di tabel Structural Weight Coefficient}$$

$$W_s = 1.251,450 \text{ ton} \quad (\text{Parametric design hal 11-22})$$

TITIK BERAT HULL

$$VCG_{\text{hull}} = 0.01D(46.6 + 0.135(0.81 - CB)(L/D)^2) + 0.008D(L/B - 6.5),$$

untuk $L \leq 120 \text{ m}$

$$= 4,151 \text{ m} \quad ;(\text{Parametric design hal 11-25})$$

$$LCG_{\text{hull}} = -0.15 + LCB \quad ;(\text{Parametric design hal 11-25})$$

$$= -0,150 \quad \% \text{ forward amidship}$$

$$= -0,139 \quad \text{m dari midship}$$

$$= 44,643 \quad \text{m dari FP}$$

Perhitungan Berat Consumable & Crew

Input Data

$$L = 89,01 \text{ m}$$

$$B = 16,42 \text{ m}$$

$$T = 5,59 \text{ m}$$

$$H = 7,68 \text{ m}$$

$$VS = 12 \text{ Knots}$$

$$= 6,17 \text{ m/s}$$

$$\text{jarak pelayaran} = 358,88 \quad \text{nm}$$

$$\text{BHP} = 1.521,79 \quad \text{KW}$$

$$= 2.069,03 \quad \text{HP}$$

Jumlah & Berat Crew

$$C_{st} = 1,280 \quad ; \text{Coef. Steward (1.2 ~ 1.33)}$$

$$C_{dk} = 12,000 \quad ; \text{Coef. Deck (11.5 ~ 14.5)}$$

$$C_{eng} = 8,500 \quad ; \text{Coef. Engine (8.5 ~ 11 untuk diesel)}$$

$$\text{cadet} = 2,000 \quad ; \text{Umumnya 2 orang}$$

$$Z_c = C_{st} C_{dk} (L B H \cdot 35/105)^{1/6} + C_{eng} (BHP/105)^{1/3} + \text{cadet}$$

$$= 23,626$$

$$= 13 \quad \text{orang}$$

$$CC\&E = 0,170 \text{ ton/orang} \quad ; \text{asumsi berat rata-rata manusia}$$

$$WC\&E = \text{Berat Kru Total}$$

$$= Z_c \cdot C_{c\&e} \quad (\text{parametric design hal 11-25})$$

$$= 2,210 \text{ Ton}$$

Fuel Oil

$$\text{SFR} = 0,000185$$

$$\text{MCR} = 1.521,794$$

$$\text{Margin} = 10\% \quad ; (5\% \sim 10\%)$$

$$\begin{aligned} \text{WFO}' &= \text{"SFR} \cdot \text{MCR"} \text{ S/VS"} \cdot (1 + \text{margin})" \\ &= 9,262 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{WFO} = \text{"(W_FO}' + 4\% \cdot \text{W_FO}')} / \pi"$$

; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi

$$= 10,139 \text{ m}^3 \quad ; \text{ dan } 2\% \text{ untuk ekspansi panas dan } \pi = 0.95 \text{ ton/m}^3$$

Lubricating Oil

$$\text{SFR} = 0,0000008$$

$$\text{MCR} = 1.521,794$$

$$\text{Margin} = 10\%$$

$$\begin{aligned} \text{WLO}' &= \text{"SFR} \cdot \text{MCR"} \text{ S/VS"} \cdot (1 + \text{margin})" \\ &= 0,040 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{WLO}'' = \text{"W_LO}' + 4\% \cdot \text{W_LO}')} / \pi"$$

$$= 0,046 \text{ m}^3 \quad ; \pi = 0,9 \text{ ton/m}^3$$

Perhitungan Tambahan Lubricating Oil System (WLO'+)

$$\text{Lama Berlayar} = 29,907 \text{ jam}$$

$$\text{SFR}^+ = 0,0000008$$

$$\begin{aligned} \text{WLO}''^+ &= \text{SFR}^+ \cdot \text{lama berlayar} \\ &= 0,000024 \end{aligned}$$

$$\text{WLO} = \text{WLO}' + \text{WLO}''$$

$$= 0,040 \text{ Ton} \quad 40,07450646$$

$$\text{WLO}'' = 0,045 \text{ m}^3$$

Diesel Oil

$$\text{CDO} = 0,1 \quad (0,1 \sim 0,2) \quad ; \text{ Diktat IGM Santosa hal. 38 (0,1} \sim 0,2)$$

$$\text{WDO}' = \text{VFO} \cdot \text{CDO}$$

$$= 1,0 \text{ Ton}$$

$$\text{WDO} = \text{"(WDO}' + 2\% \cdot \text{WDO}')} / \pi" \quad ; \text{ Diktat IGM Santosa Penambahan } 2\%$$

$$= 1,22 \text{ m}^3 \quad \text{untuk koreksi dan } \pi = 0.85$$

Fresh Water

$$\text{FW1} = \text{konsumsi air tawar crew} \quad ; (\text{ parametric design hal 11-24 })$$

$$= 0.17 \text{ t}/(\text{person} \cdot \text{day})$$

$$= 2,754 \text{ ton/orang} \cdot \text{day}$$

$$\text{FW2} = \text{air tawar untuk pendingin mesin}$$

$$= (2 \sim 5) \cdot \text{BHP} \cdot 10^{-3} \quad ; (\text{Lecture of Ship Design and Ship Theory})$$

$$= 3,044 \quad \text{ton}$$

$$\text{WFW total} = 5,798 \text{ ton/orang*day}$$

$$\text{VFW total} = 5,798 \text{ m}^3$$

Provision & Store

$$\text{CPR} = 5,000 \text{ kg/orang hari}$$

$$= 0,00021 \quad ; \text{Koef. Provision \& Store}$$

$$\text{WPR} = 0.01 \text{ t/(person} \cdot \text{day)} \quad ; (\text{parametric design hal 11-25})$$

$$= 0,162 \text{ ton/rt}$$

Total Berat Consumable and Crew (Wcons)

$$\text{Wcons} = \text{WLO} + \text{WPR} + \text{WFW} + \text{WDO} + \text{WFO} + \text{WC\&E}$$

$$= 18,485 \quad \text{Ton}$$

Perencanaan Kamar Mesin, Kru dan Akomodasi

Input Data

$$\text{LPP} = 89,01 \quad \text{m} \quad \text{Jarak Gading (a)} = 0,6 \quad \text{m}$$

$$\text{LWL} = 92,57 \quad \text{m}$$

$$\text{B} = 16,42 \quad \text{m} \quad 0,747965291$$

$$\text{H} = 7,68 \quad \text{m} \quad 119$$

$$\text{T} = 5,59 \quad \text{m}$$

$$\text{WFW} = 5,80 \quad \text{ton}$$

$$\text{WLO} = 0,04 \quad \text{ton}$$

$$\text{WDO} = 1,22 \quad \text{ton}$$

$$\text{WFO} = 10,14 \quad \text{ton}$$

$$\text{hDB} = 350 + 45 \cdot \text{B}$$

$$= 1.088,80 \quad \text{mm}$$

$$= 1,09 \quad \text{m}$$

$$= 1,20 \quad \text{m}$$

$$\text{LKM} = 3 + \text{L(Panjang Mesin Induk+ mesin bantu)} + 1.5 \quad ; \text{Panjang kamar mesin}$$

$$= 15,980 \quad \text{m}$$

$$\text{LCB} = 8 \cdot \text{Jarak gading} \quad ; \text{jarak gading} = 0.6\text{m} = 4,800 \text{ m}$$

$$\text{LCH} = 10 \cdot \text{Jarak gading} \quad ; \text{jarak gading} = 0.6\text{m}$$

$$= 6,000 \text{ m}$$

$$\text{LFO} = 3 \cdot \text{Jarak gading} \quad ; \text{jarak gading} = 0.6\text{m}$$

$$= 1,800 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned} \text{LCF} &= 3 \cdot \text{Jarak gading} && ; \text{ jarak gading} = 0.6\text{m} \\ &= 1,800 \text{ m} \end{aligned}$$

Dimensi Ruang Akomodasi

$$\begin{aligned} \text{LRM} &= \text{LWL} - (\text{LCB} + \text{LCH} + \text{LKM}) \\ &= 60,428 \text{ m} \end{aligned}$$

Poop

$$\begin{aligned} \diamond \text{LP} &= 24\% \cdot \text{LPP} \\ &= 41,852 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\diamond \text{hP} = 2,880 \text{ m}$$

Layer II

$$\diamond \text{hII} = 2,400 \text{ m} \quad ; \text{ asumsi}$$

$$\begin{aligned} \diamond \text{LdII} &= 18\% \text{LPP} \\ &= 16,021 \end{aligned}$$

Layer III

$$\diamond \text{hIII} = 2,400 \text{ m} \quad ; \text{ asumsi}$$

$$\begin{aligned} \diamond \text{LdIII} &= 12\% \cdot \text{LPP} \\ &= 10,681 \text{ m} \end{aligned}$$

Layer IV

$$\diamond \text{hIV} = 2,400 \text{ m} \quad ; \text{ asumsi}$$

$$\begin{aligned} \diamond \text{LdIV} &= 9.5\% \cdot \text{LPP} \\ &= 8,456 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Air Tawar

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond \text{tFW} &= \text{H} - \text{T} \\ &= 2,400 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \ell_{\text{FW}} &= 65\% \cdot \text{B} \\ &= 10,672 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \text{V}_{\text{FW}} &= \left(\frac{\text{W}_{\text{FW}} + 4\% \cdot \text{W}}{\pi} \right) \\ &= 5,798 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \diamond \text{p}_{\text{FW}} &= \left(\frac{\text{V}_{\text{FW}}}{\text{t}_{\text{FW}} \cdot \ell_{\text{FW}}} \right) \\ &= 0,226 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned}\diamond \text{KGFW} &= T - 0.5 \cdot t_{\text{FW}} \\ &= 3,908 \quad \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond \text{LCGFW} &= \text{LWL} - \text{LCB} + 0.5 \cdot t_{\text{FW}} \\ &= 88,968 \quad \text{m}\end{aligned}$$

Titik Berat Lubricating Oil

Dimensi Tangki

$$\diamond t_{\text{LO}} = 1,500 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned}\diamond \ell_{\text{LO}} &= 65\% \cdot B \\ &= 10,672 \quad \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond V_{\text{LO}} &= \frac{W_{\text{LO}} + 4\% \cdot W_{\text{LO}}}{\pi} \\ &= 0,045 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond p_{\text{LO}} &= \frac{V_{\text{LO}}}{(t_{\text{LO}} \cdot \ell_{\text{LO}})} \\ &= 0,003 \quad \text{m}\end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned}\diamond \text{KGLO} &= 0.5 \cdot t_{\text{LO}} \\ &= 0,750 \quad \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond \text{LCGLO} &= \text{LWL} - \text{LCB} - \text{LKM} + 0.5 \cdot p_{\text{LO}} \\ &= 71,790 \quad \text{m}\end{aligned}$$

Titik Berat Diesel Oil

Dimensi Tangki

$$\diamond t_{\text{DO}} = 1,500 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned}\diamond \ell_{\text{DO}} &= 65\% \cdot B \\ &= 10,672 \quad \text{m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond V_{\text{DO}} &= \frac{W_{\text{DO}} + 2\% \cdot W_{\text{DO}}}{\pi} \\ &= 1,217 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond p_{\text{DO}} &= \frac{V_{\text{DO}}}{(t_{\text{DO}} \cdot \ell_{\text{DO}})} \\ &= 0,076 \quad \text{m}\end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned}\diamond \text{KGDO} &= 0.5 \cdot t_{\text{DO}} \\ &= 0,750 \quad \text{m}\end{aligned}$$

$$\diamond \text{LCGDO} = \text{LWL} - \text{LCB} - \text{LKM} + 0.5 \cdot p_{\text{DO}}$$

$$= 71,826 \quad \text{m}$$

Titik Berat Fuel Oil

Dimensi Tangki

$$\begin{aligned} \diamond \ell_{FO} &= 65\% \cdot B \\ &= 10,672 \quad \text{m} \\ \diamond V_{FO} &= W_{FO}/0.95+2\% \cdot W_{FO}/0.95 \\ &= 10,139 \quad \text{m}^3 \\ \diamond t_{FO} &= 1,500 \quad \text{m} \\ \diamond P_{FO} &= V_{FO}/(\ell_{FO} \cdot p_{FO}) \\ &= 0,633 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Titik Berat Tangki

$$\begin{aligned} \diamond KG_{FO} &= h_{DB} + 0.5 \cdot t_{FO} \\ &= 1,517 \quad \text{m} \\ \diamond LCG_{FO} &= LWL - LCB - LKM + 0.5 \cdot LCF - 0.5 \cdot p_{FO} \\ &= 73,438 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Berat Kru Per Layer

WC&E /layer = Jumlah kru per layer · berat rata-rata kru

$$\begin{aligned} \text{WC\&E Poop} &= 1,020 \quad \text{ton} \\ \text{WC\&E II} &= 0,850 \quad \text{ton} \\ \text{WC\&E III} &= 0,850 \quad \text{ton} \\ \text{WC\&E IV} &= 0,680 \quad \text{ton} \\ \text{WC\&E total} &= 3,400 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

Titik Berat Kru dan Luggage

KG

$$\begin{aligned} \diamond KG_{\text{poop}} &= H + 0.5 \cdot h_P \\ &= 9,116 \\ \diamond KG_{\text{II}} &= H + h_P + 0.5 \cdot h_{\text{II}} \\ &= 11,756 \\ \diamond KG_{\text{III}} &= H + h_P + h_{\text{II}} + 0.5 \cdot h_{\text{III}} \\ &= 14,156 \\ \diamond KG_{\text{IV}} &= H + h_P + h_{\text{II}} + h_{\text{III}} + 0.5 \cdot h_{\text{IV}} \\ &= 24,836 \end{aligned}$$

LCG

$$\begin{aligned}\diamond \text{ LCG}_{\text{poop}} &= 0.5 \cdot \text{LP} + \text{LRM} + \text{LCH} + \text{LCF} \\ &= 89,154\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond \text{ LCG}_{\text{II}} &= 0.5 \cdot \text{LII} + \text{LRM} + \text{LCH} + \text{LCF} \\ &= 76,239\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond \text{ LCG}_{\text{III}} &= 0.5 \cdot \text{LIII} + \text{LRM} + \text{LCH} + \text{LCF} \\ &= 73,568\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\diamond \text{ LCG}_{\text{IV}} &= 0.5 \cdot \text{LIV} + \text{LRM} + \text{LCH} + \text{LCF} \\ &= 72,456\end{aligned}$$

Titik Berat

$$\begin{aligned}\text{KGC\&E} &= (\text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{poop}})} \cdot \text{KG}_{\text{poop}} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{II}})} \cdot \text{KG}_{\text{II}} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{III}})} \\ &\quad \cdot \text{KG}_{\text{III}} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{IV}})} \cdot \text{KG}_{\text{IV}}) \cdot (\text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{poop}})} \\ &\quad + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{II}})} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{III}})} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{IV}})}) \\ &= 14,180 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{LCGC\&E} &= (\text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{poop}})} \cdot \text{LCG}_{\text{poop}} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{II}})} \cdot \text{LCG}_{\text{II}} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{III}})} \\ &\quad \cdot \text{LCG}_{\text{III}} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{IV}})} \cdot \text{LCG}_{\text{IV}}) \cdot (\text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{poop}})} \\ &\quad + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{II}})} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{III}})} + \text{W}_{(\text{C\&E}_{\text{IV}})}) \\ &= 232,764 \text{ m}\end{aligned}$$

Titik Berat Consumable

$$\begin{aligned}\text{KG} &= (\text{W}_{(\text{C\&E})} \cdot \text{KG}_{(\text{C\&E})} + \text{W}_{\text{FW}} \cdot \text{KG}_{\text{FW}} + [\text{W}_{\text{LO}} \cdot \text{KG}]_{\text{LO}} + \text{W}_{\text{DO}} \cdot \text{KG}_{\text{DO}} \\ &\quad + \text{W}_{\text{FO}} \cdot \text{KG}_{\text{FO}}) \cdot (\text{W}_{(\text{C\&E})} + \text{W}_{\text{FW}} + \text{W}_{\text{LO}} + \text{W}_{\text{DO}} + \text{W}_{\text{FO}}) \\ &= 40,322 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{LCG} &= (\text{W}_{(\text{C\&E})} \cdot \text{LCG}_{(\text{C\&E})} + \text{W}_{\text{FW}} \cdot \text{LCG}_{\text{FW}} + [\text{W}_{\text{LO}} \cdot \text{LCG}]_{\text{LO}} + \\ &\quad \text{W}_{\text{DO}} \cdot \text{LCG}_{\text{DO}} + \text{W}_{\text{FO}} \cdot \text{LCG}_{\text{FO}}) \cdot (\text{W}_{(\text{C\&E})} + \text{W}_{\text{FW}} + \text{W}_{\text{LO}} + \text{W}_{\text{DO}} + \\ &\quad \text{W}_{\text{FO}}) \\ &= 104,017 \text{ m}\end{aligned}$$

Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

$$\text{LPP} = 89,01 \text{ m}$$

$$\text{B} = 16,42 \text{ m}$$

$$\text{H} = 7,68 \text{ m}$$

$$\text{CALV} = 160,00 ; 160 - 170 \text{ kg/m}^2, \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 172}$$

• FORECASTLE

L forecastle = 9,26 m

B forecastle = 16,42 m

A forecastle = 151,98 m²

W forecastle = 24,32 ton

Vforecastle = 379,94 m³

Grup III

1. Poop

ℓPO = 20,47 m

bPO = 16,42 m

APO = ℓPO · bPO
= 336,10 m²

WPO = (APO * C_{ALV}) / 1000
= 53,78 Ton

vpoop = 840,25 m³

2. Layer II

ℓDH2 = 16,02 m

bDH2 = 11,33 m

ADH2 = ℓDH2 · bDH2
= 181,52 m²

WDH2 = (ADH2 * C_{ALF}) / 1000
= 29,04 Ton

vdh2 = 453,81

3. Layer III

ℓDH3 = 10,68m

bDH3 = 12,42 m

ADH3 = ℓDH3 · bDH3
= 132,63 m²

WDH3 = (ADH3 * C_{ALF}) / 1000
= 21,22 Ton

Vdh3 = 331,58

WDH = Wdh2 + Wdh3 + Wdh4 + Wan
= 1.165,09 Ton

4. Layer IV

$$\ell_{DH4} = 8,46 \quad \text{m}$$

$$b_{DH4} = 11,33 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned} ADH4 &= \ell_{DH4} \cdot b_{DH4} \\ &= 95,80 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} WDH4 &= (ADH4 \cdot C_{ALF}) / 1000 \\ &= 15,33 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

$$V_{dh4} = 239,51 \quad \text{m}^3$$

5. Anjungan

$$\ell_{AN} = 6,23 \quad \text{m}$$

$$b_{AN} = 9,00 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned} A_{AN} &= \ell_{AN} \cdot b_{AN} \\ &= 56,07 \quad \text{m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{AN} &= (A_{AN} \cdot C_{ALV}) / 1000 \\ &= 8,97 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

$$V_{dh\ wh} = 140,19 \quad \text{m}^3$$

$$\begin{aligned} W_{\text{Total}} &= W_{po} + W_{dh2} + W_{dh3} + W_{dh4} + W_{an} \\ &= 152,66 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

Grup IV (Miscellaneous)

$C = 0,18$; $0.18 \text{ ton/m}^2 < C < 0.26 \text{ ton/m}^2$ untuk ukuran sedang, Ship Design Efficiency and Economy hal 172

$$\begin{aligned} W_{IV} &= \sqrt{(3 \cdot [L_{pp} \cdot B \cdot H]^2)} \cdot C \\ &= 90,19 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned} W_{E\&O} &= W_{\text{Total}} + W_{IV} \\ &= 242,85 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

$$V_A = 1.220,19$$

$$V_{DH} = 1.165,09$$

$$\begin{aligned} D_A &= \text{tinggi kapal setelah dikoreksi dengan supersructure dan deckhouse} \\ &= H + (V_A + V_{DH}) / (L_{pp} \cdot B) \\ &= 9,308 \quad \text{m} \end{aligned}$$

KGE&O

$$DA = 9,31 \text{ m}$$

;Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House

$$KGE\&O = (1.02 \sim 1.08) \cdot DA \quad ; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 173}$$

$$= 5,58 \text{ m}$$

LCG1

1. Kamar Mesin

$$WE\&O_{KM} = 25\% \cdot WE\&O \quad ; \text{ asumsi WE\&O di Kamar Mesin}$$

$$= 60,71 \text{ Ton}$$

$$LCGM_M = \text{Titik Berat Permesinan terhadap Midship}$$

$$= -35,70 \text{ Ton}$$

2. Layer II

$$\ell_{DH2} = 16,02 \text{ Ton}$$

$$WDH2 = 29,04 \text{ Ton}$$

$$LCGDH2 = -0.5 \cdot LPP + (LKM + LCB) - 0.5 \cdot \ell_{DH2}$$

$$= -31,73 \text{ m di belakang M}$$

3. Layer III

$$\ell_{DH3} = 10,68 \text{ Ton}$$

$$WDH3 = 21,22 \text{ Ton}$$

$$LCGDH3 = -0.5 \cdot LPP + (LKM + LCB) - 0.5 \cdot \ell_{DH3}$$

$$= -29,06 \text{ m di belakang M}$$

4. Layer IV

$$\ell_{DH4} = 8,46 \text{ Ton}$$

$$WDH4 = 15,33 \text{ Ton}$$

$$LCGDH4 = -0.5 \cdot LPP + (LKM + LCB) - 0.5 \cdot \ell_{DH4}$$

$$= -27,95 \text{ m di belakang M}$$

5. Anjungan

$$\ell_{AN} = 6,23 \text{ Ton}$$

$$WAN = 8,97 \text{ Ton}$$

$$LCGAN = -0.5 \cdot LPP + (LKM + LCB) - 0.5 \cdot \ell_{AN}$$

$$= -26,84 \text{ m di belakang M}$$

LCG2

$$WE\&O_{DH} = 32\% \cdot WE\&O \quad ; \text{ asumsi WE\&O di Rumah Geladak}$$

$$= 77,71 \quad \text{Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{LCGDH} &= (W_{\text{DH2}} \cdot \text{LCG}_{\text{DH2}} + W_{\text{DH3}} \cdot \text{LCG}_{\text{DH3}} + [(W_{\text{DH4}} \cdot \text{LCG}]_{\text{DH5}} + \\ &\quad W_{\text{AN}} \cdot \text{LCG}_{\text{AN}}) / (W_{\text{DH2}} + W_{\text{DH3}} + W_{\text{DH4}} + W_{\text{DH5}}) \\ &= -29,61 \quad \text{m di belakang M} \end{aligned}$$

LCG3

$$\begin{aligned} \text{WE\&O Other} &= 37.5\% \cdot \text{WE\&O} \quad ; \text{asumsi WE\&O di tempat lain} \\ &= 91,07 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{LCGOther} = 0 \quad \text{Ton}$$

LCG

$$\begin{aligned} \text{LCGE\&O} &= (([25\% \cdot W]_{\text{(E\&O)}} \cdot \text{LCG}_{\text{M}} + [(37.5\% \cdot W]_{\text{(E\&O)}} \cdot \text{LCG}_{\text{DH}} + \\ &\quad [[37.5\% \cdot W]_{\text{(E\&O)}} \cdot \text{LCG}]_{\text{Other}}) / W_{\text{(E\&O)}} \\ &= -18,40 \quad \text{m di belakang M} \\ &= 26,10 \quad \text{m dari AP} \\ &= 62,90 \quad \text{m dari FP} \end{aligned}$$

Perhitungan Ruang Muat

Input Data

$$\begin{aligned} \text{LPP} &= 89,01 \text{ m} \\ \text{B} &= 16,42 \text{ m} \\ \text{H} &= 7,68 \text{ m} \\ \text{T} &= 5,59 \text{ m} \\ \text{CB} &= 0,74 \\ \text{CM} &= 0,98 \\ \text{hDB} &= 1,20 \text{ m} \\ \text{LRM} &= 60,43 \text{ m} \\ \text{LKM} &= 15,98 \text{ m} \\ \text{LCF} &= 1,80 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan

1. Chamber

$$\begin{aligned} \text{C} &= 1/50 \cdot \text{B} \\ &= 0,33 \text{ m} \\ \text{Cm} &= 2/3 \cdot \text{C} \\ &= 0,22 \text{ m} \end{aligned}$$

2. Sheer

kapal tidak menggunakan sheer

$$S_a = 0 \quad \text{m}$$

$$S_f = 0 \quad \text{m}$$

$$S_m = 0 \quad \text{m}$$

3. D' ; IGM Santosa hal. 58

$$\begin{aligned} D' &= H + C_m + S_m \\ &= 7,89 \quad \text{m} \end{aligned}$$

4. CB Deck

Section = Normal Section

$$c = 0,30$$

$$\begin{aligned} \text{CB Deck} &= C_{\text{B}} + c \cdot (H/T - 1) \cdot (1 - C_{\text{B}}) \\ &= 0,77 \end{aligned}$$

5. Volume Dibawah Upperdeck Diantara LPP

$$\begin{aligned} V_h &= \text{CB Deck} \cdot \text{LPP} \cdot B \cdot D' \\ &= 8.934,88 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

6. Volume Muatan Diatas Geladak

$$V_u = 0$$

7. Konstanta Deduction

$$s = 0,02$$

8. Kamar Mesin

$$\ell_{\text{KM}} = 15,98 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{KM}} &= 50\% \cdot B \\ &= 8,21 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} h_{\text{KM}} &= H \\ &= 7,68 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_{\text{KM}} &= \ell_{\text{KM}} \cdot b_{\text{KM}} \cdot h_{\text{KM}} \\ &= 1.006,86 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

9. Ceruk Buritan

$$\begin{aligned} \ell_{\text{CB}} &= 8 \cdot \text{Jarak gading} \\ &= 4,80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} b_{\text{CB}} &= 50\% \cdot B \\ &= 8,21 \text{ m} \end{aligned}$$

$$h_{\text{CB}} = H$$

$$= 7,68 \text{ m}$$

$$VCB = 0.5 \cdot \ell_{CB} \cdot b_{CB} \cdot h_{CB}$$

$$= 151,22 \text{ m}^3$$

10. Ceruk Haluan

$$\ell_{CH} = 10 \cdot \text{Jarak gading}$$

$$= 6,00 \text{ m}$$

$$b_{CH} = 50\% \cdot B$$

$$= 8,21 \text{ m}$$

$$H_{ch} = H$$

$$= 7,68 \text{ m}$$

$$V_{CH} = 0.5 \cdot \ell_{CH} \cdot b_{CH} \cdot h_{CH}$$

$$= 189,02 \text{ m}^3$$

$$11. V_m = V_{KM} + V_{CB} + V_{CH}$$

$$= 1.347,10 \text{ m}^3$$

$$12. V_r = (V_h - V_m) \cdot (1 + s) + V_u$$

$$= 7.739,53 \text{ m}^3$$

Koreksi

1. Double Bottom

$$\ell_{DB} = \ell_{RM}$$

$$= 60,43 \text{ m}$$

$$b_{DB} = B$$

$$= 16,42 \text{ m}$$

$$h_{DB} = 1,20 \text{ m}$$

$$V_{DB} = \ell_{DB} \cdot b_{DB} \cdot h_{DB}$$

$$= 1.190,51 \text{ m}^3$$

Menghitung wing tank

(BKI vol 2 section 24 hal 24-2)

$$w = 0.5 + dwt/20000 \text{ m}$$

$$= 2,00 \text{ m}$$

$$w_{min} = 1,00 \text{ m}$$

$$w = 1,00 \text{ m}$$

$$L_w = L_{pp} - L_{km} - L_{buritan} - L_{haluan} - L_{coff}$$

$$= 56,23$$

$$V_{wt} = 863,16 \quad m^3$$

2. Volume cofferdam (V_{cof})

$$L_{cofferdam} > 600mm$$

$$L = 1,2 \quad m ; \text{diambil } 2x \text{ jarak gading}$$

$$V_{coff} = 302,436 \quad m^3$$

3. Volume Slop tank = 153,43 m^3 ;(di ambil 3% dari total muatan)

$$= 0,8 \quad m \quad \text{dipilih terkecil}$$

$$\text{diambil} = 1,00 \quad m$$

Volume Ruang Muat

$$V_{R'} = V_R$$

$$= 5.383,43 \quad m^3$$

Batasan Ruang Muat

$$\text{Massa Jenis} = 0,87 \quad \text{Ton}/m^3$$

$$SV = 1,15$$

$$\text{Payload} = 4.449,41 \quad \text{Ton}$$

$$\text{Vol. Muatan} = \text{Payload} \cdot SV$$

$$= 5.114,26 \quad m^3$$

Δ Vol. Ruang Muat dan Vol. Muatan

$$= 269,17 \quad m^3$$

$$= 5\%$$

Δ Vol. Ruang Muat dan Vol. Muatan < 5%

Kondisi = Diterima

Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

Berat Baja

$$WST = 1.251,45 \quad \text{Ton}$$

$$KGST = 4,15 \quad m$$

$$LCGST = 44,64 \quad m$$

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$$WE\&O = 242,85 \quad \text{Ton}$$

$$KGE\&O = 5,58 \quad m$$

$$LCGE\&O = 62,90 \quad m$$

Berat Permesinan

$$WM = 177,32 \quad \text{Ton}$$

$$KGM = 3,62 \quad m$$

$$\text{LCGM} = 80,21 \quad \text{m}$$

Berat Consumable

$$\text{Wcons} = 18,49 \quad \text{Ton}$$

$$\text{KGcons} = 40,32 \quad \text{m}$$

$$\text{LCGcons} = 104,02 \quad \text{m}$$

Berat Payload

$$\text{Wpayload} = 4.449,41 \quad \text{Ton}$$

$$\begin{aligned} \text{KGpayload} &= (\text{H} - \text{hDB}) \cdot 0.5 + \text{hDB} \\ &= 4,44 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCGpayload} &= (0.56 \cdot \text{LRM}) + \text{LCH} \\ &= 39,84 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Berat LWT

$$\begin{aligned} \text{LWT} &= \text{WST} + \text{WE\&O} + \text{WM} \\ &= 1.671,62 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

Berat Total

$$\begin{aligned} \text{W} &= \text{LWT} + \text{Wcons} + \text{Wpayload} + \text{WCREW} \\ &= 6.142,92 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

Berat DWT

$$\begin{aligned} \text{DWT} &= \text{W} - \text{LWT} \\ &= 4.471,29 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

KG Total

$$\begin{aligned} \text{KG} &= (\text{W}_{\text{ST}} \cdot \text{KG}_{\text{ST}} + \text{W}_{\text{(E\&O)}} \cdot \text{KG}_{\text{(E\&O)}} + \text{W}_{\text{M}} \cdot \text{KG}_{\text{M}} + \text{W}_{\text{cons}} \cdot \text{KG}_{\text{cons}} + \\ &\quad \text{W}_{\text{payload}} \cdot \text{KG}_{\text{payload}}) / (\text{W}_{\text{ST}} + \text{W}_{\text{(E\&O)}} + \text{W}_{\text{M}} + \text{W}_{\text{cons}} + \text{W}_{\text{payload}}) \\ &= 4,51 \quad \text{m} \end{aligned}$$

LCG Total dari FP

$$\begin{aligned} \text{LCG} &= (\text{W}_{\text{ST}} \cdot \text{LCG}_{\text{ST}} + \text{W}_{\text{(E\&O)}} \cdot \text{LCG}_{\text{(E\&O)}} + \text{W}_{\text{M}} \cdot \text{LCG}_{\text{M}} + \\ &\quad \text{W}_{\text{cons}} \cdot \text{LCG}_{\text{cons}} + \text{W}_{\text{payload}} \cdot \text{LCG}_{\text{payload}}) / (\text{W}_{\text{ST}} + \text{W}_{\text{(E\&O)}} \\ &\quad + \text{W}_{\text{M}} + \text{W}_{\text{cons}} + \text{W}_{\text{payload}}) \\ &= 47,09 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$\text{Disp} = 6.467,60 \quad \text{Ton}$$

$$\text{W} = 6.142,92 \quad \text{Ton}$$

$$\text{Selisih} = 324,68 \quad \text{Ton}$$

$$\% \text{selisih} = 0,05$$

$$\text{Batasan Hukum fisika} = \text{DITERIMA} \quad 10\%$$

Perhitungan Trim

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data

$$LPP = 89,01 \quad \text{m}$$

$$B = 16,42 \quad \text{m}$$

$$T = 5,59 \quad \text{m}$$

$$CM = 0,98$$

$$CB = 0,74$$

$$CWP = 0,84$$

$$\nabla = 6.309,85 \quad \text{m}^3$$

$$KG = 4,51$$

$$LCGLWT FP = 47,09 \quad \text{m}$$

$$LCB \text{ dari FP} = 43,77 \quad \text{m}$$

Sifat Hidrostatik

1. KB

$$KB/T = 0.9 - 0.3 \cdot CM - 0.1 \cdot CB \quad ; \text{Parametric Ship Design hal. 11 - 18}$$

$$= 0,53 \quad \text{m}$$

$$KB = 2,97 \quad \text{m}$$

2. BMT

$$CI = 0.1216 \cdot CWP - 0.041 \quad ; \text{Transverse Inertia Coefficient}$$

$$; \text{Parametric Ship Design hal. 11 - 19}$$

$$= 0,06 \quad \text{m}$$

$$IT = CI \cdot LPP \cdot B^3$$

$$= 24.271,97 \quad \text{m}$$

$$BMT = IT / \nabla \quad ; \text{jarak B dan M secara melintang}$$

$$= 3,85 \quad \text{m}$$

3. BML

$$CIL = 0.350 \cdot CWP^2 - 0.405 \cdot CWP + 0.146$$

$$\text{Longitudinal Inertia Coefficient}$$

$$= 0,05 \quad \text{m}$$

$$IL = CIL \cdot LPP^3 \cdot B$$

$$= 619.197,84 \quad \text{m}$$

$$BML = IL / \nabla \quad ; \text{jarak B dan M secara melintang}$$

$$= 98,13 \quad \text{m}$$

$$4. \text{ GML} = \text{KB} + \text{BML} - \text{KG}$$

$$= 96,59 \quad \text{m}$$

$$5. \text{ Trim} = ((\text{LCG} - \text{LCB}) \cdot \text{L}_{\text{PP}}) / \text{GM}_{\text{L}}$$

$$= 3,07 \quad \text{m}$$

Kondisi Trim = Trim Buritan

$$6. \text{ Batasan Trim}$$

$$= \Delta (\text{LCG} - \text{LCB})$$

$$= 3,33 \quad \text{m}$$

$$= 0.1 \cdot \text{LPP}$$

$$= 8,90 \quad \text{m}$$

Kondisi Batasan Trim = Diterima

Freeboard

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

$$\text{H} = 7,68 \quad \text{m}$$

$$\text{d} = 0.85 \cdot \text{H}$$

$$= 6,524 \quad \text{m}$$

$$\text{L1 (1)} = 96\% \cdot \text{LWL}$$

$$= 88,865 \quad \text{m} \quad ; \text{ L1 diambil yang terbesar}$$

$$\text{L1 (2)} = 97\% \cdot \text{LWL}$$

$$= 89,79 \quad \text{m}$$

$$\text{Lpp} = 89,01 \quad \text{m}$$

$$\text{L1} = 89,79 \quad \text{m}$$

$$\text{B} = 16,42 \quad \text{m}$$

$$\text{CB} = 0,74$$

$$\ell_{\text{FC}} = 9,26 \quad \text{m} \quad ; \text{ panjang forecastle}$$

$$\ell_{\text{PO}} = 20,47 \quad \text{m} \quad ; \text{ panjang poop}$$

Tipe Kapal

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship

Tipe = A

Lambung Timbul Standar (Fb)

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Table 28.2

$L1 \text{ (m)} \Rightarrow Fb \text{ (mm)}$

89 \Rightarrow 969

90 \Rightarrow 970

interpolasi

90 \Rightarrow 969 mm

\Rightarrow 0,969 m

Koreksi

1. L ; $24 < LPP < 100$

tidak ada koreksi; $LPP > 100$

2. CB ; $CB > 0.68$

$Fb2 =$

= tidak ada koreksi

= 0 mm

3. Depth (D)

$L/15 = 5,986075927$ m

$R = 187$

untuk $L < 120\text{m}$; $R = L/0.48$

untuk $L > 120\text{m}$; $R = 250$

jika, $D < L/15$; tidak ada koreksi

jika, $D > L/15$; $Fb3 = Fb2 + (R(H-(L/15)))$

$Fb3 = 316,0364545$ mm

Koreksi Bangunan Atas

1. Forecastle

89,79 \Rightarrow 1,800 m

$tFC = 2,400$ m

karena $tFC > hst$ maka

$EFC = SFC$

= 9,257 m

= 0,1 \cdot L

2. Poop

120,00 \Rightarrow 1,8 m

$$tPO = 2,4 \text{ m}$$

karena $tPO > hst$ maka

$$EPO = SPO$$

$$= 20,47 \text{ m}$$

Total Panjang Efektif

$$E = EFC + EPO$$

$$= 29,729 \text{ m}$$

$$= 0,331086439 \cdot L$$

3. Pengurangan Akibat Bangunan Atas

$$L1 \text{ (m)} \Leftrightarrow \text{ hst (mm)}$$

$$85 \Leftrightarrow 860 \text{ ; regulation 37}$$

$$122 \Leftrightarrow 1070$$

Interpolasi

$$89 \Leftrightarrow 883 \text{ mm}$$

Pengurangan

$$= 21\% \cdot \text{ hst} \text{ ; regulation 37 table 37.1}$$

$$= 185,368 \text{ mm}$$

Total Lambung Timbul

$$Fb' = Fb3 - \text{Pengurangan}$$

$$= 130,669 \text{ mm}$$

$$= 0,131 \text{ m}$$

Ketinggian Bow Minimum (BWM)

$$CB \text{ min} = 0,69$$

$$CB = 0,7430$$

$$BWM = 4095,197784 \text{ mm}$$

$$= 4,095 \text{ m}$$

Perhitungan Tonase

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

$$H = 7,68 \text{ m}$$

$$T = 5,59 \text{ m}$$

$$VPO = 840,25 \text{ m}^3$$

$$VFC = 379,94 \text{ m}^3$$

$$\text{VDH} = 1.165,09 \quad \text{m}^3$$

$$\Delta = 6.467,60 \quad \text{Ton}$$

$$\text{Zc} = 13,00 \quad \text{Orang}$$

$$\text{N1} = 2,00$$

$$\text{N2} = 11,00$$

Gross Tonnage

$$\begin{aligned} \text{VU} &= \Delta \cdot ((1.25 \cdot \text{H}/\text{T}) - 0.115) \\ &= 10.360,66 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{VH} &= \text{VPO} + \text{VFC} + \text{VDH} \\ &= 2.385,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{V} &= \text{VU} + \text{VH} \\ &= 12.745,94 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K1} &= 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} \text{V} \\ &= 0,28 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GT} &= \text{V} \cdot \text{K1} \\ &= 3.595,72 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

$$0.25 \cdot \text{GT} = 898,93$$

$$0.30 \cdot \text{GT} = 898,93$$

Net Tonnage

$$\text{Vr}' = 5.383,43$$

$$\begin{aligned} \text{K2} &= 0.2 + 0.02 \cdot \log_{10} \text{V}_C \\ &= 0,27 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{K3} &= \left[1.25 \right]^{\frac{\text{GT} + 10000}{10000}} \\ &= 1,35 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \text{K}_2 \cdot \text{V}_r' \cdot \left(\frac{4 \cdot \text{T}}{3 \cdot \text{H}} \right)^2 \\ &= 1.393,11 \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } a \geq 0.25 \cdot \text{GT}$$

Kondisi = Diterima

$$\begin{aligned} \text{NT} &= a + \text{K}_3 \cdot (\text{N}_1 \cdot \text{N}_1 / 10) \\ &= 1.396,09 \quad \text{Ton} \end{aligned}$$

$$\text{jadi, } \text{NT} \geq 0.30 \cdot \text{GT}$$

Kondisi = Diterima

Perhitungan Stabilitas

Input Data

LPP	= 292,021	panjang = 1 feet =	0,3048 m
B	= 53,864	berat = 1 long ton =	1,016 ton
Bw	= 53,864		
T	= 18,334		
HM	= 25,182		
SF	= 0		
SA	= 0		
$\Delta 0$	= 6.365,748		
ℓ_{ST}	= 97,535	$L_{po}+L_{fc} =$	29,73
h_{ST}	= 2,400		
CB	= 0,743		
CWP	= 0,844		
CX	= CM		
	= 0,982		

Perhitungan Awal

CPV	= C_B/C_WP		
	= 0,880		
A0	= LPP · BW · CWP		
	= 13.274,53		
AM	= BW · CX · T		
	= 970,10		
S	= ($\ell_{ST} \cdot h_{ST}$) + (0.5 · L_PP · S_F/3) + (0.5 · L_PP · S_A/3)		
	= 234,08	; sheer rata-rata	
A2	= (0.98 · LPP · HM) + S		
	= 7.440,72		
D	= S/L_PP + H_M		
	= 25,98		
F	= D - T		
	= 7,650		
A1	= 1.01 · A0		
	= 13.407,3		

Perhitungan GZ

$$\begin{aligned}DT &= \Delta_0 + ((A_0 + A_1)/2) \cdot (F/35) \\ &= 9.281,7\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\delta &= D_T/2 - \Delta_0 \\ &= -1.724,9\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CW' &= A_2 / (L_{PP} \cdot D) \\ &= 0,981\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CX' &= (A_M + (B \cdot F)) / (B \cdot D) \\ &= 36,5\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CPV' &= (35 \cdot D_T) / (A_1 \cdot D) \\ &= 0,933\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CPV'' &= (35 \cdot D_T) / (A_2 \cdot B) \\ &= 0,811\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}CW'' &= C_W' - ((140 \cdot \delta) \cdot (1 - C_{PV}'')) / (L_{PP} \cdot D \cdot B) \\ &= 1,093\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_0 &= (T \cdot (A_0/A_1 - 1)) / (2 \cdot F \cdot (1 - C_{PV})) \\ &= -0,099\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_1 &= (D \cdot (1 - A_0/A_1)) / (2 \cdot F \cdot (1 - C_{PV})) \\ &= 0,249\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}f_2 &= \text{jika } CX' \geq 0.89, \text{ maka } f_2 = 9.1 \cdot (CX' - 0.89) \quad ; \text{ jika } CX' \leq 0.89, \text{ maka } f_2 = 0 \\ &= 0,840\end{aligned}$$

$$KG = 14,794$$

Perhitungan h0

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

$$h_0 \text{ untuk } f=0 = 0,456$$

$$h_0 \text{ untuk } f=0.5 = 0,466$$

$$h_0 \text{ untuk } f=1 = 0,475$$

$$h_0 \text{ interpolasi} = 0,454$$

$$\begin{aligned}KB_0 &= (1 - h_0) \cdot T \\ &= 10,013\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}G'B_0 &= KG' - KB_0 \\ &= 0,030\end{aligned}$$

Perhitungan h1

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

$$h1 \text{ untuk } f=0 = 0,474$$

$$h1 \text{ untuk } f=0.5 = 0,480$$

$$h1 \text{ untuk } f=1 = 0,486$$

$$h1 \text{ interpolasi} = 0,477$$

$$\begin{aligned} KG' &= ((D \cdot (1-h_1) \cdot D_T) - \delta) / (2 \cdot D_0) \\ &= 10,043 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GG' &= KG' - KG \\ &= -4,751 \end{aligned}$$

Perhitungan h2

Referensi : Regresi Kurva Faktor h

$$h2 \text{ untuk } f=0 = 0,434$$

$$h2 \text{ untuk } f=0.5 = 0,447$$

$$h2 \text{ untuk } f=1 = 0,459$$

$$h2 \text{ interpolasi} = 0,455$$

$$\begin{aligned} G'B90 &= (D_T \cdot h_2 \cdot B) / (4 \cdot D_0) - (d^2 / D_0 * 17.5 / ((A_2 - ((70 \cdot d) / 8 \cdot (1 - C_{PV}))))) \\ &= 8,939 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CI &= a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e \\ &= 0,061 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM0 &= (C_I \cdot L_{PP} \cdot B_W^3) / (35 \cdot D_0) \\ &= 12,572 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} CI' &= a x^4 + b x^3 + c x^2 + d x + e \\ &= 0,065 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} BM90 &= (C'_I \cdot L_{PP} \cdot D^3) / (35 \cdot D_0) + (L_d \cdot d \cdot D^2) / (140 \cdot D_0) \\ &= 1,665 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} GM0 &= KB0 + BM0 - KG \\ &= 7,791 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G'M0 &= KB0 + BM0 - KG' \\ &= 12,542 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G'M90 &= BM90 - G'B90 \\ &= -7,274 \end{aligned}$$

$$b1 = (9 \cdot ((G'B)_{90} - (G'B)_0)) / 8 - ((G'M)_0 - (G'M)_{90}) / 32$$

$$= 9,403$$

$$b_2 = ((G\text{'M})_{0} + (G\text{'M})_{90})/8$$

$$= 0,658$$

$$b_3 = 3 \cdot ((G\text{'M})_{0} - (G\text{'M})_{90})/32 - 3 \cdot ((G\text{'B})_{90} - (G\text{'B})_{0})/8$$

$$= -1,483$$

Batasan Stabilitas Menurut IMO

IMO Resolution A. 749 (18)

Input Data

1. e (mrad)

$$e_{30^\circ} = 0,085910717$$

$$e_{40^\circ} = 0,11660155$$

$$e = e_{30^\circ} - e_{40^\circ}$$

$$= 0,030690832$$

2. $GZ_{30^\circ} = 6,276518388$

3. $\theta_{\max} = 37,51927946$

4. $GM_0 = 7,791046666$

$$= 2,374711024$$

5. $B = 53,86$

6. $G\text{'M}_0 = 12,54188555$

Kriteria IMO

1. $e_{30^\circ} \geq 0,055$

$$e_{30^\circ} = 0,086$$

= Diterima

2. $e_{40^\circ} \geq 0,09$

$$e_{40^\circ} = 0,12$$

= Diterima

3. $e_{30-40^\circ} \geq 0,03$

$$e_{30-40^\circ} = 0,03$$

= Diterima

4. $h_{30^\circ} \geq 0,2$

$$h_{30^\circ} = 6,3$$

= Diterima

5. $\theta_{\max} \geq 25$

$$\theta_{\max} = 38$$

= Diterima

6. $GM0 \geq 0,15$

$GM0 = 2,37$

= Diterima

Status = Kriteria Dipenuhi

Periode Rolling

$T = (0.79 \cdot B) / \sqrt{(G' \cdot Mo)}$

= 12,02 s

Biaya Pengadaan Kapal

Input Data

WST = 1.251,45 Ton

Harga Baja/C = Rp10.000.000 /ton

Perhitungan Biaya

1. Structural Cost

$PST = WST \cdot \text{Harga Baja}$

= Rp12.514.497.480 /kapal

Biaya Capital Cost = 40% * Struktural Cost

= Rp17.520.296.473 /kapal

= Rp1.071.483.833 /kapal/tahun

= Rp3.214.451.499 /tahun

Biaya Operasional

Jumlah Crew = 13 Orang

Gaji Crew/Bulan = Rp12.000.000

Gaji Crew = 2.028.000.000 /tahun

Repair & Maintenance = 3% dari harga kapal

= 96.433.545 /tahun

Asuransi Kapal = 1,5% dari harga kapal

= Rp48.216.772 /tahun

Supplies Crew = Rp50.000 /orang/hari

= Rp237.250.000 /tahun

Dokumen & Administrasi = Rp15.000.000 /roundtrip

= 825.000.000 /tahun

Total Operasional Cost = Rp3.234.900.317 kapal/tahun

= Rp9.704.700.952 /tahun

Biaya Bahan Bakar

Fuel Cost

$$\begin{aligned}\text{Main Engine} &= \text{Rp}113.725.022 \quad / \text{roundtrip} \\ &= \text{Rp}6.254.876.201,83 \quad / \text{kapal/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Auxiliary Engine} &= \text{Rp}644.634 \quad / \text{roundtrip} \\ &= \text{Rp}35.454.874,70 \quad / \text{kapal/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Fresh Water Cost} &= 86.963 \quad / \text{roundtrip} \\ &= \text{Rp}4.782.944,02 \quad / \text{kapal/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Total} &= \text{Rp}6.295.114.021 \quad / \text{kapal/tahun} \\ &= \text{Rp}18.885.342.062 \quad / \text{tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Harga Bahan Bakar : MFO} &= \text{Rp}12.279.070 \quad \text{Rp/Ton} \\ \text{HSD} &= \text{Rp}16.085.890 \quad \text{Rp/Ton}\end{aligned}$$

$$\text{Harga Fresh Water} = \text{Rp}15.000 \quad \text{Rp/Ton}$$

Biaya Bongkar Muat

$$\text{Payload} = 4.449 \text{ ton}$$

$$\text{Biaya Bongkar muat pelabuhan} = 27.600 \quad \text{Rp/m}^3$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya bongkar muat pelabuhan asal} &= 122.803.663 \text{ Rp/kapal/roundtrip} \\ &= 368.410.989 \text{ Rp/roundtrip} \\ &= 20.262.604.392 \text{ Rp/tahun}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya bongkar muat pelabuhan tujuan} &= 122.803.663 \text{ Rp/kapal/roundtrip} \\ &= 368.410.989 \text{ Rp/roundtrip} \\ &= 20.262.604.392 \text{ Rp/tahun}\end{aligned}$$

$$\text{Total biaya bongkar muat pelabuhan} = 40.525.208.784 \text{ Rp/tahun}$$

Port Cost di Pelabuhan

$$\text{GT Kapal} = 3.596 \text{ ton}$$

$$\text{Idle time} = 2 \text{ jam}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Labuh} &= \text{GT kapal} \times \text{tarif labuh} \\ &= 3.596 \times 58,000 \\ &= 208.552\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Pandu} &= T. \text{Tetap} + (T. \text{Variable} \cdot \text{GT} \cdot 1 \cdot \text{gerakan}) \quad ; \text{ada 1 kali gerakan pandu} \\ &= 426.115\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya Tunda} &= T. \text{tetap} + (T. \text{Variable} \cdot \text{GT} \cdot 1 \cdot \text{idle time}) \quad ; \text{ada 1 kali gerakan tunda} \\ &= 1.506.566\end{aligned}$$

$$\text{Biaya Tambat} = \text{GT Kapal} \times \text{waktu tambat} \times \text{tarif jasa tambat}$$

;waktu tambat = port time + idle time

wktu tambat = 4,24 hari

= 102 jam

= 1.220.487

Total Port Cost= 10.085.159 per kunjungan

= 776 per kunjungan

= 554.683.731 per kapal/tahun

= 1.664.051.193 per tahun

**Lampiran 2. Hasil
Optimasi rute**

Proses solver rute di Microsoft Excel

Solver Parameters

Set Objective:

To: Max Min Value Of:

By Changing Variable Cells:

Subject to the Constraints:

Make Unconstrained Variables Non-Negative

Select a Solving Method:

Solving Method
 Select the GRG Nonlinear engine for Solver Problems that are smooth nonlinear. Select the LP Simplex engine for linear Solver Problems, and select the Evolutionary engine for Solver problems that are non-smooth.

Total Cost = Rp 562.547.443.425

Z = Rp 150.421

Asal	Suplai	Cargo terangkut	Muatan yang tidak terkirim
A	884.431	818.785	65.646
B	739.830	700.153	39.677
C	708.304	554.234	154.070
D	432.703	431.240	1.463
E	261.183	261.183	-
F	241.053	241.053	-
G	224.275	224.275	-
H	216.875	216.875	-
I	214.365	121.438	92.927
J	212.600	170.584	42.016

dv												
Asal	Tujuan										Jumlah	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
A	-	432.901	-	385.884	-	-	-	-	-	-	-	818.785
B	-	-	-	-	316.917	203.004	-	-	180.232	-	-	700.153
C	554.234	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	554.234
D	-	-	431.240	-	-	-	-	-	-	-	-	431.240
E	-	-	-	-	-	-	200.410	60.773	-	-	-	261.183
F	241.053	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	241.053
G	224.275	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	224.275
H	216.875	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	216.875
I	-	-	-	-	-	-	-	121.438	-	-	-	121.438
J	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170.584	170.584
Jumlah	1.236.437	432.901	431.240	385.884	316.917	203.004	200.410	182.211	180.232	170.584	170.584	3.739.820

**Lampiran 3. Rangkuman semua rute
dengan ukuran kapal hasil regresi**

	A	B	C	D	E
Jarak pergi	358,88	1.643,07	775,04	351,55	311,63
Jarak pulang	349,75	1.625,77	775,04	351,55	309,28
Frekuensi Maksimal	56	23	40	58	58
Frekuensi Dibutuhkan	164	141	111	87	53
Jumlah Kapal	3	7	3	2	1
Displacemen	6.541	6.541	6.541	6.541	6.541
DWT+LWT	6.030	6.078	6.046	6.030	6.017
Delta Displacemen	8%	7%	8%	8%	8%
H-T	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Fb'	0,11	0,27	0,27	0,27	0,27
Status	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Stabilitas					
e 30o =	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
e 40o =	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
e 30o - 40o=	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
GZ 30o =	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93
Θ_{max} [Xo] =	37,52	37,52	37,52	37,52	37,52
GM0 = (m)	2,19	2,19	2,18	2,18	2,18

IMO					
e 30o =	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
e 40o =	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
e 30o - 40o=	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
GZ 30o =	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Θ_{max} [Xo] =	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
GM0 = (m)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Capital Cost	3.194.745.131	7.454.405.306	3.194.745.131	2.129.830.088	1.064.915.044
Operasional Cost	9.747.040.593	21.424.887.672	8.427.040.593	5.882.184.708	3.183.171.177
Biaya Perjalanan	19.282.474.957	84.467.072.630	29.699.729.365	13.025.236.185	5.773.515.416
Biaya B/M	40.304.115.625	38.624.777.474	28.788.654.018	27.829.032.217	13.914.516.109
Biaya Pelabuhan	1.667.998.959	2.177.023.846	777.257.203	751.348.630	575.856.784
Biaya Kelebihan Muatan	-	-	-	-	-
Total Cost	74.196.375.265	154.148.166.928	70.887.426.310	49.617.631.827	24.511.974.529
Cargo terangkut	818.785	700.153	554.234	431.240	261.183
Biaya Satuan (Rp/m ³ /miles)	128	67	83	164	151
Biaya satuan (Rp/miles)	104.702.981	47.156.868	45.731.626	70.570.588	39.477.167
Biaya satuan (Rp/m ³)	90.618	220.164	127.902	115.058	93.850

	F	G	H	I	J
Jarak pergi	946,32	850,58	735,43	395,46	212,40
Jarak pulang	946,32	850,58	735,43	395,46	212,40
Frekuensi Maksimal	35	37	41	55	69
Frekuensi Dibutuhkan	49	45	44	25	35
Jumlah Kapal	2	2	2	1	1
Displacemen	6.541	6.541	6.541	6.541	6.541
DWT+LWT	6.017	6.017	6.017	6.032	6.025
Delta Displacemen	8%	8%	8%	8%	8%
H-T	1,94	1,94	1,94	1,94	1,94
Fb'	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Status	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima	Diterima
Stabilitas					
e 30° =	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
e 40° =	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
e 30° - 40°=	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
GZ 30° =	5,93	5,93	5,93	5,93	5,93
Θmax [X°] =	37,52	37,52	37,52	37,52	37,52
GM ⁰ = (m)	2,18	2,18	2,18	2,18	2,18
IMO					
e 30° =	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
e 40° =	0,09	0,09	0,09	0,09	0,09
e 30° - 40°=	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
GZ 30° =	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

$\Theta_{max} [X^\circ] =$	25,00	25,00	25,00	25,00	25,00
$GM^0 =$ (m)	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Capital Cost	2.129.830.088	2.129.830.088	2.129.830.088	1.064.915.044	1.064.915.044
Operasional Cost	5.422.184.708	5.462.184.708	5.542.184.708	2.863.171.177	3.003.171.177
Biaya Perjalanan	21.152.858.424	20.099.670.945	19.257.834.085	6.946.913.017	4.682.467.542
Biaya B/M	16.793.381.510	17.753.003.311	19.672.246.912	13.194.799.758	16.553.476.060
Biaya Pelabuhan	453.400.035	479.308.608	531.125.755	356.242.885	446.922.892
Biaya Kelebihan Muatan	-	-	-	-	-
Total Cost	45.951.654.765	45.923.997.660	47.133.221.547	24.426.041.881	25.750.952.715
Cargo terangkut	241.053	224.275	216.875	121.438	170.584
Biaya Satuan (Rp/m ³ /miles)	101	120	148	254	355
Biaya satuan (Rp/miles)	24.279.196	26.995.664	32.044.724	30.883.009	60.617.605
Biaya satuan (Rp/m ³)	190.629	204.766	217.329	201.140	150.958

**Lampiran 4. Hasil Perhitungan Rute
dengan Ukuran Utama Hasil Optimasi**

Rute	Ukuran				Jarak	payload (ton)
	Lpp	B	H	T		
1	89,01	16,42	7,68	5,59	709	4.449
2	89,12	16,83	7,44	5,31	3.269	4.458
3	86,00	16,45	7,88	5,64	1.550	4.365
4	89,34	16,48	7,13	5,24	703	4.115
5	85,70	16,76	7,75	5,50	621	4.373
6	75,96	15,98	7,06	4,91	1.893	3.019
7	72,74	15,53	7,16	5,09	1.701	2.712
8	77,18	17,54	7,44	5,37	1.471	3.686
9	81,82	17,67	7,87	5,66	791	4.388
10	84,25	17,14	8,00	5,67	425	4.540

Rute	Waktu di Pelabuhan (hari)	Waktu Berlayar (hari)	Total Waktu (hari)	Frekuensi Maksimal	Frekuensi dibutuhkan	Jumlah kapal
1	4	3	7	55	4	3
2	4	12	16	23	4	6
3	4	6	9	39	4	3
4	4	3	6	60	4	2
5	4	2	6	58	4	1
6	3	7	10	39	3	2
7	3	6	9	43	3	2
8	3	5	9	43	3	2
9	4	3	7	55	4	1
10	4	2	5	67	4	1

Rute	Biaya pokok	Biaya pokok	Biaya Operasional	Biaya Bahan Bakar	Biaya B/M	Biaya Pelabuhan
1	3.214.451.499	9.704.700.952	18.885.342.062	40.525.208.784	1.664.051.193	3.214.451.499
2	6.506.800.105	18.108.336.028	72.131.027.292	33.958.487.944	1.897.439.727	6.506.800.105
3	3.091.773.383	8.383.139.407	28.187.990.617	28.193.987.083	754.970.563	3.091.773.383
4	2.101.959.659	5.919.676.369	13.173.741.576	27.258.058.220	746.231.041	2.101.959.659
5	1.035.460.055	3.181.845.702	5.615.668.080	14.000.400.114	574.043.780	1.035.460.055
6	1.597.689.970	5.105.792.097	19.446.454.060	13.000.274.412	388.151.068	1.597.689.970
7	1.466.457.763	5.173.981.199	18.413.066.256	12.876.706.040	402.780.614	1.466.457.763
8	1.814.748.633	5.553.827.377	18.779.307.828	17.498.564.499	487.720.233	1.814.748.633
9	1.019.071.189	2.861.108.204	6.820.048.831	13.321.730.084	355.596.140	1.019.071.189
10	1.042.827.282	2.982.177.228	4.484.907.907	16.791.479.869	444.795.437	1.042.827.282

Rute	Total Biaya	Biaya Satuan
1	73.993.754.489	128
2	132.602.091.095	58
3	68.611.861.052	80
4	49.199.666.865	162
5	24.407.417.732	151
6	39.538.361.607	87
7	38.332.991.873	100
8	44.134.168.569	138
9	24.377.554.448	254
10	25.746.187.724	355