



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN *DUAL FUEL SELF-PROPELLED BARGE* (SPB)  
PENGANGKUT *CRUDE PALM OIL* (CPO) UNTUK EKSPOR  
RUTE DUMAI-SINGAPURA**

**Willyam Nainggolan  
NRP 0411154000028**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.  
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**





---

**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN *DUAL FUEL SELF-PROPELLED BARGE* (SPB)  
PENGANGKUT *CRUDE PALM OIL* (CPO) UNTUK EKSPOR  
ROUTE DUMAI-SINGAPURA**

**Willyam Nainggolan  
NRP 0411154000028**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.  
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**



**FINAL PROJECT - MN 184802**

**DESIGN OF DUAL FUEL SELF-PROPELLED BARGE (SPB)  
CRUDE PALM OIL (CPO) CARRIER FOR EXPORT OF  
DUMAI-SINGAPORE ROUTE**

**Willyam Nainggolan  
NRP 0411154000028**

**Supervisors  
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.  
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2019**

## LEMBAR PENGESAHAN

### DESAIN DUAL FUEL SELF-PROPELLED BARGE (SPB) PENGANGKUT CRUDE PALM OIL (CPO) UNTUK EKSPOR RUTE DUMAI-SINGAPURA

#### TUGAS AKHIR

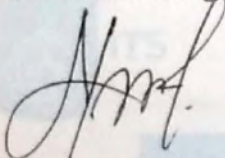
Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**WILLYAM NAINGGOLAN**  
NRP 0411154000028

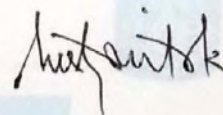
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II



Danu Utama, S.T., M.T.  
NIP 19901008 201803 1 001

Dosen Pembimbing I



Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.  
NIP 19681212 199402 2 001

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 24 JANUARI 2019

## LEMBAR REVISI

# DESAIN *DUAL FUEL SELF-PROPELLED BARGE* (SPB) PENGANGKUT *CRUDE PALM OIL* (CPO) UNTUK EKSPOR RUTE DUMAI-SINGAPURA

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 8 Januari 2019

Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**WILLYAM NAINGGOLAN**  
NRP 0411154000028

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. ....



2. Hasanudin, S.T., M.T. ....

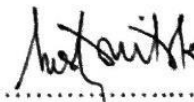


3. Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T. ....

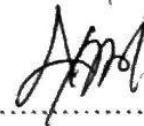


Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. ....



2. Danu Utama, S.T., M.T. ....



SURABAYA, 24 JANUARI 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. dan Danu Utama, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Papa dan Mama yang sudah berjuang keras untuk menyekolahkan hingga ke tingkat sarjana di ITS.
5. Teman-teman seperjuangan Kerukunan Pelajar Mahasiswa Kepulauan Riau – Surabaya (KPMKR – Surabaya) yang telah menjadi rumah kedua di perantauan.
6. Angkatan P55 SAMUDRA RAKSA atas semangat dan doa-doanya.
7. Dan semua pihak yang telah banyak membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Surabaya, 2 Januari 2019

Willyam Nainggolan



# **DESAIN DUAL FUEL SELF-PROPELLED BARGE (SPB) PENGANGKUT CRUDE PALM OIL (CPO) UNTUK EKSPOR RUTE DUMAI-SINGAPURA**

Nama Mahasiswa : Willyam Nainggolan  
NRP : 0411154000028  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.  
2. Danu Utama, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

*Crude palm oil* (CPO) merupakan salah satu komoditas yang sering diekspor melalui Pelabuhan Dumai. Pada tahun 2017 Kementerian Perdagangan mengeluarkan Permendag Nomor 82/2017 yang mewajibkan penggunaan kapal yang dikuasai oleh perusahaan pelayaran nasional untuk ekspor CPO. Namun sayangnya kapal dalam negeri belum sepenuhnya siap untuk melaksanakan ekspor CPO dikarenakan ekspor CPO selama ini hampir 94% menggunakan kapal asing. Akibat dari ketidaksiapan tersebut pemerintah menunda pelaksanaan aturan ini selama 2 tahun hingga 2020 dengan dikeluarkannya Permendag Nomor 80/2018. Pada tahap awal masa penundaan tersebut, pihak pengusaha CPO menyepakati untuk mulai menggunakan kapal nasional untuk ekspor pelayaran jarak dekat, yaitu dengan penggunaan tongkang-tongkang yang sudah ada ke negeri seperti Singapura dan Malaysia. Selain permasalahan tersebut, pembatasan emisi gas buang pada kapal yang diatur oleh IMO melalui MARPOL 73/78 Annex VI terus diperketat secara kontinu. Salah satu regulasi terbaru yang akan diimplementasikan ialah pembatasan emisi sulfur secara global yang akan dikurangi dari 3.5% menjadi 0.5% pada tahun 2020. Maka, dalam tugas akhir ini akan dibahas sebuah moda transportasi berupa *self-propelled barge* yang menggunakan bahan bakar ganda (MDO dan LNG) untuk mengangkut CPO dari Dumai ke Singapura. Dengan kapal ini diharapkan pengangkutan CPO untuk jarak dekat dapat dilakukan dengan lebih efektif & efisien. Analisis teknis yang dibahas yaitu penentuan ukuran utama kapal, koefisien bentuk kapal, hambatan dan propulsi kapal, berat & titik berat, *trim*, *freeboard*, dan stabilitas kapal. Ukuran utama kapal yang didapatkan dengan menggunakan metode optimisasi ialah  $L_{pp} = 66,26$  m,  $B = 16,02$  m,  $H = 5,13$  m, dan  $T = 3,81$  m. Analisis ekonomis yang dilakukan yaitu perhitungan biaya pembangunan kapal, biaya operasional kapal, serta perhitungan indikator kelayakan investasi yang meliputi *Break Even Point* (BEP), *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), *Profitability Index* (PI), dan *Payback Period* untuk tipe *voyage charter* dan *time charter*. Dengan harga penyewaan sebesar Rp 149.440.476 per *voyage* untuk tipe *voyage charter* didapatkan nilai BEP Rp 43.176.645.227, NPV Rp 830.805.593, PI 1.04487, IRR 11.75% dan *Payback Period* 3.25 tahun. Sedangkan untuk tipe *time charter* dengan biaya penyewaan sebesar Rp 800.000.000 per bulan didapatkan nilai BEP Rp 34.028.339.821, NPV Rp 830.540.611, PI 1.04486, IRR 11.77% dan *Payback Period* 3.23 tahun.

Kata kunci: *self-propelled barge*, *crude palm oil*, *dual fuel*, MDO, LNG, Dumai, Singapura.

# DESIGN OF DUAL FUEL SELF-PROPELLED BARGE (SPB) CRUDE PALM OIL (CPO) CARRIER FOR EXPORT OF DUMAI - SINGAPORE ROUTE

Author : Willyam Nainggolan  
Student Number : 0411154000028  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisors : 1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.  
2. Danu Utama, S.T., M.T.

## ABSTRACT

Crude Palm Oil (CPO) is one commodity that is often exported through Dumai Port. In 2017 the Ministry of Trade issued Permendag Number 82/2017 which requires the use of ships controlled by national shipping companies to export CPO. Unfortunately domestic vessels have not been fully prepared to carry out CPO exports because CPO exports so far nearly 94% use foreign vessels. As a result of this unpreparedness, the government postponed the implementation of this rule for 2 years until 2020 with the issuance of Permendag Number 80/2018. In the early stages of the postponement period, the CPO businessmen agreed to start using national vessels for export of short-distance shipping, namely by using existing barges to countries such as Singapore and Malaysia. In addition to these problems, the limitation on the emission of exhaust gas on ships regulated by IMO through MARPOL 73/78 Annex VI continues to be tightened continuously. One of the latest regulations to be implemented is the limitation of global sulfur emissions which will be reduced from 3.5% to 0.5% by 2020. Then, in this final project a transportation mode in the form of self-propelled barge using dual fuel (MDO and LNG) to transport CPO from Dumai to Singapore will be discussed. With this ship, it is expected that the transport of CPO for short distances can be carried out more effectively & efficiently. The technical analysis discussed are the determination of the main dimensions of ship, vessel shape coefficient, ship resistance and propulsion, weight & center of gravity, trim, freeboard, and ship stability. The main dimensions of the ship obtained using the optimization method are  $L_{pp} = 66,26$  m,  $B = 16,02$  m,  $H = 5,13$  m, and  $T = 3.81$  m. The economic analysis carried out are calculation of ship building costs, ship operating costs, and calculation of investment feasibility indicators which include Break Even Point (BEP), Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Profitability Index (PI), and Payback Period for type of voyage charter and time charter. With a rental price of Rp 149.440.476 per voyage for the voyage charter type, the BEP value is Rp 43.176.645.227, NPV Rp 830.805.593, PI 1.04487, IRR 11.75% and *Payback Period* 3.25 years. Whereas for the type of time charter with a rental fee of Rp 800,000,000 per month, the BEP value is Rp 34.028.339.821, NPV Rp 830.540.611, PI 1.04486, IRR 11.77% and *Payback Period* 3.23 years.

Keywords: *self-propelled barge, crude palm oil, dual fuel*, MDO, LNG, Dumai, Singapore.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
DAFTAR SIMBOL .....	xv
Bab I PENDAHULUAN .....	1
I.1. Latar Belakang Masalah .....	1
I.2. Perumusan Masalah .....	3
I.3. Tujuan .....	3
I.4. Batasan Masalah .....	3
I.5. Manfaat .....	4
I.6. Hipotesis .....	4
Bab II STUDI LITERATUR .....	5
II.1. Dasar Teori .....	5
II.1.1. Proses Desain Kapal.....	5
II.1.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal Dengan Metode <i>Geosim Procedure</i> .....	8
II.1.3. Perancangan Kapal Dengan Metode Optimisasi .....	8
II.1.4. Ukuran Utama Kapal.....	12
II.1.5. Koefisien Bentuk Badan Kapal .....	12
II.1.6. Hambatan Kapal .....	14
II.1.7. Propulsi Kapal .....	15
II.1.8. Berat Kapal.....	16
II.1.9. <i>Freeboard</i> .....	17
II.1.10. Perhitungan Stabilitas.....	18
II.1.11. Perhitungan GT dan NT .....	22
II.1.12. Metode <i>Break Even Point</i> .....	23
II.1.13. Metode <i>Net Present Value</i> .....	24
II.1.14. Metode <i>Profitability Index</i> .....	24
II.1.15. Metode <i>Internal Rate of Return</i> .....	24
II.1.16. Metode <i>Payback Period</i> .....	25
II.2. Tinjauan Pustaka.....	25
II.2.1. <i>Crude Palm Oil</i> (CPO).....	25
II.2.2. Pengangkutan <i>Crude Palm Oil</i> (CPO) .....	26
II.2.3. Produksi dan Ekspor <i>Crude Palm Oil</i> .....	28
II.2.4. Kota Dumai dan Pelabuhan Dumai .....	31
II.2.5. Singapura dan Pelabuhan Singapura .....	34
II.2.6. Rute Pelayaran.....	38
II.2.7. Tongkang.....	39

II.2.8. Tongkang Dengan Sistem Penggerak Sendiri ( <i>Self-Propelled Barge</i> ) .....	41
II.2.9. MARPOL ANNEX VI .....	43
II.2.10. IGF <i>Code</i> .....	44
II.2.11. Sistem Permesinan <i>Dual Fuel</i> .....	44
Bab III METODOLOGI .....	47
III.1. Pendahuluan.....	47
III.2. Proses Pengerjaan .....	47
III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah .....	47
III.2.2. Tahap Studi Literatur .....	47
III.2.3. Tahap Pengumpulan Data .....	48
III.2.4. Tahap Pengolahan data.....	49
III.2.5. Tahap Perencanaan.....	50
III.2.6. Analisis Ekonomis.....	51
III.2.7. Kesimpulan dan Saran.....	51
III.3. Diagram Alir .....	51
Bab IV ANALISIS TEKNIS .....	53
IV.1. Peramalan Ekspor CPO Dumai-Singapura .....	53
IV.2. Penentuan <i>Payload</i> .....	55
IV.3. Penentuan Ukuran Utama Awal .....	60
IV.4. Pembuatan Model Optimisasi Ukuran Utama .....	61
IV.4.1. Penentuan Variabel.....	62
IV.4.2. Penentuan Parameter .....	62
IV.4.3. Pembuatan batasan .....	62
IV.4.4. Penentuan Fungsi Objektif .....	65
IV.5. <i>Running</i> Model Optimisasi <i>Solver</i> .....	65
IV.6. Pengecekan Perhitungan Teknis .....	68
IV.6.1. Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal .....	69
IV.6.2. Hasil Perhitungan Hambatan Kapal .....	69
IV.6.3. Hasil Perhitungan Propulsi Kapal .....	70
IV.6.4. Perhitungan Berat Baja Kapal .....	70
IV.6.5. Perhitungan Berat Permesinan .....	71
IV.6.6. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan.....	71
IV.6.7. Total LWT .....	72
IV.6.8. Perhitungan DWT .....	72
IV.6.9. Hasil Perhitungan Titik Berat Kapal .....	73
IV.6.10. Koreksi Displacement .....	74
IV.6.11. Perhitungan Kapasitas Ruang Muat .....	75
IV.6.12. Perhitungan <i>Tonnage</i> .....	76
IV.6.13. Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	77
IV.6.14. Penentuan <i>Loadcase</i> .....	77
IV.6.15. Perhitungan Trim.....	78
IV.6.16. Perhitungan Stabilitas.....	78
IV.7. <i>Dual Fuel Engine</i> .....	79
IV.7.1. Pemilihan Mesin <i>Dual Fuel</i> .....	79
IV.7.2. <i>Gas Supply System</i> .....	80
IV.7.3. Proses Pembakaran dan Karakteristik <i>Dual Fuel Engine</i> .....	82
IV.7.4. Pengurangan Emisi pada Penggunaan LNG sebagai Bahan Bakar.....	83
IV.8. Skenario Sistem Penggerak Kapal .....	84
IV.9. Pembuatan <i>Lines Plan</i> .....	85

IV.10.	Pembuatan <i>General Arrangement</i> .....	90
IV.10.1.	<i>Profile View</i> .....	90
IV.10.2.	Rumah Geladak ( <i>Deckhouses</i> ) .....	92
IV.10.3.	Geladak Utama ( <i>Main Deck</i> ).....	95
IV.10.4.	<i>Tween Deck</i> .....	96
IV.10.5.	<i>Double Bottom</i> .....	97
IV.11.	Pemeriksaan <i>Navigation Bridge Visibility</i> .....	97
IV.12.	Pemodelan Tiga Dimensi .....	98
Bab V	ANALISIS EKONOMIS.....	101
V.1.	Biaya Pembangunan .....	101
V.1.1.	Material .....	101
V.1.2.	<i>Equipment</i> dan <i>Outfitting</i> .....	101
V.1.3.	Tenaga Penggerak (Permesinan).....	103
V.1.4.	Biaya Pembangunan Kapal .....	103
V.1.5.	Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah.....	103
V.1.6.	Total Biaya Pembangunan .....	104
V.2.	Biaya Operasional.....	104
V.2.1.	Pinjaman Bank .....	104
V.2.2.	Biaya Perawatan Kapal .....	105
V.2.3.	Asuransi.....	105
V.2.4.	Gaji Awak Kapal.....	105
V.2.5.	Biaya Bahan Bakar dan Minyak Pelumas .....	105
V.2.6.	Biaya Air Tawar ( <i>Fresh Water</i> ) .....	106
V.2.7.	Total Biaya Operasional.....	106
V.3.	Analisis Perbandingan Biaya .....	107
V.3.1.	Penentuan Biaya Penyewaan <i>Self-Propelled Barge</i> .....	107
V.3.2.	Proyeksi Arus Kas .....	108
V.3.3.	<i>Break Even Point, Net Present Value, Profitability Index, Internal Rate of Return,</i> dan <i>Payback Period</i> .....	111
V.3.4.	Perbandingan Biaya Penyewaan .....	112
V.4.	Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar <i>Dual Fuel</i> dan Konvensional.....	112
Bab VI	KESIMPULAN DAN SARAN.....	115
VI.1.	Kesimpulan .....	115
VI.2.	Saran .....	116
DAFTAR PUSTAKA	.....	117

## LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA EKSPOR CPO

LAMPIRAN B HASIL PERHITUNGAN TEKNIS

LAMPIRAN C HASIL PERHITUNGAN EKONOMIS

LAMPIRAN D BERITA PENDUKUNG

LAMPIRAN E DESAIN RENCANA GARIS

LAMPIRAN F DESAIN RENCANA UMUM

BIODATA PENULIS

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II. 1 <i>Spiral Design</i> .....	5
Gambar II. 2 Pilihan Metode Optimisasi.....	11
Gambar II. 3 Momen Penegak ( <i>Righting</i> ) dan Momen Miring ( <i>Heeling</i> ).....	20
Gambar II. 4 Kondisi Stabilitas Positif.....	20
Gambar II. 5 Kondisi Stabilitas Netral.....	21
Gambar II. 6 Kondisi Stabilitas Negatif.....	21
Gambar II. 7 <i>Crude Palm Oil</i> .....	26
Gambar II. 8 Kandungan Lemak Jenuh <i>Crude Palm Oil</i> .....	26
Gambar II. 9 Truk Tandan Sawit.....	27
Gambar II. 10 Tangki Timbun CPO.....	27
Gambar II. 11 <i>Barge</i> dan <i>Tugboat</i> .....	28
Gambar II. 12 Ekspor Minyak Kelapa Sawit Setiap Negara.....	28
Gambar II. 13 Produksi dan Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia.....	29
Gambar II. 14 Perbandingan Volume Ekspor CPO Menurut Negara Tujuan Tahun 2016.....	31
Gambar II. 15 Peta Lokasi Kota Dumai.....	32
Gambar II. 16 Pelabuhan Dumai.....	32
Gambar II. 17 Peta Distribusi CPO di Provinsi Riau yang Melalui Pelabuhan Dumai.....	33
Gambar II. 18 Peta Singapura.....	34
Gambar II. 19 Data Iklim Singapura.....	35
Gambar II. 20 <i>Port of Singapore</i> .....	36
Gambar II. 21 Rute Pelayaran.....	38
Gambar II. 22 Tongkang Konvensional.....	39
Gambar II. 23 Tongkang Pengangkut Minyak ( <i>Oil Barge</i> ).....	40
Gambar II. 24 Tongkang Pengangkut Cairan Kimia ( <i>Chemical Barge</i> ).....	40
Gambar II. 25 Tongkang Pengangkut Batubara ( <i>Coal Barge</i> ).....	41
Gambar II. 26 Tongkang Pengangkut Kontainer ( <i>Container Barge</i> ).....	41
Gambar III. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	52
Gambar IV. 1 Grafik Ekspor CPO dan Proyeksi <i>Trend</i> .....	55
Gambar IV. 2 Optimisasi <i>Self-Propelled Barge</i> .....	66
Gambar IV. 3 <i>Solver Parameters</i> .....	67
Gambar IV. 4 Tampilan Bahwa Hasil <i>Solver</i> Berhasil.....	68
Gambar IV. 5 <i>Gas Supply System</i> .....	81
Gambar IV. 6 Proses Pembakaran Bahan Bakar pada Mode Gas.....	83
Gambar IV. 7 Skenario Penggerak <i>Dual Fuel Self-Propelled Barge</i> .....	85
Gambar IV. 8 Menu <i>Size Surfaces</i> .....	86
Gambar IV. 9 <i>Frame of Reference</i> .....	86
Gambar IV. 10 Pengaturan Jumlah <i>Station</i> .....	87
Gambar IV. 11 <i>Parametric transformation</i> .....	88
Gambar IV. 12 Data <i>Hydrostatic</i> .....	89
Gambar IV. 13 <i>Lines Plan</i> .....	90
Gambar IV. 14 <i>Profile View</i> dari <i>Self-Propelled Barge</i> .....	91
Gambar IV. 15 <i>Poop Deck</i> .....	92

Gambar IV. 16 <i>Boat Deck</i> .....	93
Gambar IV. 17 <i>Bridge Deck</i> .....	93
Gambar IV. 18 <i>Navigation Deck</i> .....	94
Gambar IV. 19 <i>Top Deck</i> .....	95
Gambar IV. 20 <i>Main Deck</i> dari <i>Self-Propelled Barge</i> .....	96
Gambar IV. 21 <i>Tween Deck Self-Propelled Barge</i> .....	96
Gambar IV. 22 <i>Double Bottom Self-Propelled Barge</i> .....	97
Gambar IV. 23 <i>Regulasi Navigation Bridge Visibility</i> .....	98
Gambar IV. 24 <i>Navigation Bridge Visibility</i> pada <i>Self-Propelled Barge</i> .....	98
Gambar IV. 25 <i>Tampak Depan Isometric</i> .....	99
Gambar IV. 26 <i>Tampak Belakang Isometric</i> .....	99

## DAFTAR TABEL

Tabel II. 1 Cso Berdasarkan Tipe Kapal.....	17
Tabel II. 2 Perbandingan Karakteristik <i>Self-Propelled Barge</i> dengan <i>Tug Boat</i> dan <i>Barge</i> ....	42
Tabel IV. 1 Data Ekspor CPO dari Pelabuhan Dumai ke Singapura .....	53
Tabel IV. 2 <i>Forecasting</i> Data.....	54
Tabel IV. 3 Data Ekspor CPO dari Armada Fenghai Ocean Shipping.....	57
Tabel IV. 4 Hasil Regresi Linier Kapal Perbandingan.....	60
Tabel IV. 5 Koefisien Bentuk Kapal, LCB, dan <i>Displacement</i> .....	69
Tabel IV. 6 Komponen Hambatan Kapal .....	69
Tabel IV. 7 Komponen Propulsi Kapal .....	70
Tabel IV. 8 Berat Permesinan.....	71
Tabel IV. 9 Berat Peralatan dan Perlengkapan.....	71
Tabel IV. 10 Rincian LWT.....	72
Tabel IV. 11 Hasil Perhitungan DWT .....	72
Tabel IV. 12 Rincian <i>Crew</i> .....	73
Tabel IV. 13 Hasil Perhitungan Titik Berat Kapal .....	74
Tabel IV. 14 Hasil Koreksi <i>Displacement</i> .....	75
Tabel IV. 15 Hasil Perhitungan Kapasitas Ruang Muat.....	75
Tabel IV. 16 Koreksi <i>Freeboard</i> .....	77
Tabel IV. 18 Hasil Perhitungan Trim .....	78
Tabel IV. 19 Hasil Perhitungan Stabilitas .....	79
Tabel IV. 20 Spesifikasi Mesin Induk .....	80
Tabel V. 1 Biaya Material .....	101
Tabel V. 2 Biaya <i>Equipment &amp; Outfitting</i> .....	101
Tabel V. 3 Komponen Tenaga Penggerak.....	103
Tabel V. 4 Biaya Pembangunan Kapal.....	103
Tabel V. 5 Komponen Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah .....	104
Tabel V. 6 Total Biaya Pembangunan.....	104
Tabel V. 7 Rincian Peminjaman Bank .....	105
Tabel V. 8 Rincian Gaji Awak Kapal.....	105
Tabel V. 9 Rincian Biaya Bahan Bakar Gas (LNG).....	106
Tabel V. 10 Rincian Biaya Bahan Bakar Minyak (MDO) .....	106
Tabel V. 11 Rincian Biaya Minyak Pelumas .....	106
Tabel V. 12 Rincian Biaya Air Tawar.....	106
Tabel V. 13 Total Biaya Operasional .....	107
Tabel V. 14 Rincian Proyeksi Arus Kas <i>Voyage Charter</i> .....	109
Tabel V. 15 Rincian Proyeksi Arus Kas <i>Time Charter</i> .....	110
Tabel V. 16 Komponen Analisis Ekonomis <i>Voyage Charter</i> .....	111
Tabel V. 17 Komponen Analisis Ekonomis <i>Time Charter</i> .....	111
Tabel V. 18 Perbandingan Harga Bahan Bakar.....	113



## DAFTAR SIMBOL

$\Delta$	= <i>Displacement</i> (ton)
B	= Lebar kapal (m)
BEP	= <i>Break even point</i> (Rp. / \$)
$C_A$	= <i>Coleration Allowance</i>
$C_B$	= Koefisien blok
$C_F$	= Koefisien Gesek
$C_M$	= Koefisien <i>midship</i>
$C_P$	= Koefisin prismatic
$C_{SO}$	= Koefisien jenis kapal
$C_{WP}$	= Koefisin <i>waterplane</i>
DWT	= <i>Dead weight tonnage</i> (ton)
H	= Tinggi kapal (m)
IRR	= <i>Internal rate of return</i> (%)
KB	= Titik tekan <i>buoyancy</i> terhadap <i>keel</i> (m)
KG	= <i>Keel of gravity</i> (m)
LCB	= <i>Longitudinal center of buoyancy</i> (m)
LCG	= <i>Longitudinal centre of gravity</i> (m)
Lpp	= <i>Length Per Pendicular</i> (m)
LWT	= <i>Light weight tonnage</i> (ton)
NPV	= <i>Net present value</i> (Rp. / \$)
$P_B$	= Daya <i>break</i> (kW)
$P_D$	= Daya <i>delivery</i> (kW)
$P_E$	= Daya efektif (kW)
$P_S$	= Daya <i>shaft</i> (kW)
PI	= <i>Profitability index</i>
Rt	= Tahanan Total Kapal (kN)
Rw	= Tahanan Gelombang (kN)
T	= Sarat kapal (m)
Vs	= Kecepatan Dinas (knot)



# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Masalah

*Crude palm oil* atau minyak kelapa sawit merupakan salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan cukup penting dalam kegiatan perekonomian Indonesia. Dalam hal pertanian, minyak kelapa sawit berkontribusi antara 1,5 - 2,5 persen dari Produk Domestik Bruto (PDB) Nasional (Indonesia Investments, 2017). Indonesia merupakan produsen dan eksportir minyak kelapa sawit (*crude palm oil*) terbesar didunia. Sebuah lembaga survei internasional bernama Index Mundi mencatat bahwa ekspor minyak kelapa sawit Indonesia pada tahun 2017 mencapai 28 juta ton, disusul oleh Malaysia dengan total ekspor sebesar 17,3 ton. Nilai ekspor minyak kelapa sawit Indonesia pada tahun 2017 merupakan yang terbesar sepanjang sejarah dan menyumbang sekitar 51.7 % total ekspor minyak kelapa sawit dunia (Workman, 2017).

Salah satu pelabuhan ekspor minyak kelapa sawit yang terbesar di Indonesia adalah Pelabuhan Dumai yang berada di Provinsi Riau. Ekspor *crude palm oil* (CPO) melalui Pelabuhan Dumai ini mencapai 6,5 juta ton pertahun (Pelindo 1, 2017). *Crude palm oil* tersebut diekspor ke berbagai negara, yang salah satunya adalah Singapura. *Crude palm oil* di Pelabuhan Dumai biasanya diekspor menggunakan kapal tanker untuk pelayaran jarak jauh ataupun kapal tongkang yang ditarik menggunakan *tugboat* untuk pelayaran jarak dekat.

Pada tahun 2017 pemerintah melalui Kementerian Perdagangan mengeluarkan Peraturan Menteri Perdagangan (Permendag) Nomor 82/2017 yang mengatur tentang ketentuan dan pemanfaatan transportasi laut dan asuransi nasional untuk ekspor dan impor minyak kelapa sawit dan batubara. Peraturan ini awalnya direncanakan akan berlaku mulai bulan Mei 2018 dimana untuk ekspor *crude palm oil* wajib menggunakan kapal yang dikuasai oleh perusahaan pelayaran nasional. Namun sayangnya kapal dalam negeri belum sepenuhnya siap untuk melaksanakan pengangkutan ekspor CPO baik dari segi ketersediaan maupun kemampuan (Supriyono, 2017). Penggunaan kapal asing untuk ekspor minyak kelapa sawit selama ini mencapai 93.7 % sedangkan kapal yang berbendera Indonesia hanya sekitar 6.3 % (Hartoto, 2018). Tentunya hal ini dapat berdampak buruk terhadap ekspor *crude palm oil* Indonesia apabila peraturan ini sudah mulai berlaku. Akibat dari ketidaksiapan perusahaan

angkutan laut nasional ini pemerintah menunda pelaksanaan dari aturan ini selama 2 tahun hingga 2020 dengan dikeluarkannya Permendag Nomor 80/2018.

Pada tahap awal selama masa penundaan dari aturan penggunaan kapal nasional ini, pihak pengusaha CPO menyepakati untuk mulai menggunakan kapal milik perusahaan pelayaran nasional untuk pelayaran jarak dekat, yaitu dengan penggunaan tongkang-tongkang yang sudah ada (Sitanggang, 2018). Pengangkutan CPO menggunakan kapal tongkang yang ditarik dengan *tugboat* memiliki risiko dan kelemahan yaitu dapat terbalik apabila berlayar dalam keadaan gelombang tinggi akibat dari merenggangnya tali yang menghubungkan antara kapal tunda dan kapal tongkang tersebut. Kelemahan lainnya ialah kapal tongkang yang ditarik dengan *tugboat* memiliki kemampuan manuver yang kurang baik sehingga dapat mengakibatkan tabrakan dengan kapal atau tongkang lainnya. Selain itu daya mesin yang dibutuhkan kapal tunda untuk menarik kapal tongkang terbilang besar, untuk itu dibutuhkan mesin penggerak sendiri untuk menambah efisiensi dalam sektor operasi (Hidayat, 2015)

Selain permasalahan tersebut kapal pengangkut CPO yang ada saat ini masih menggunakan bahan bakar cair berbasis minyak bumi, baik bahan bakar *distillate fuel* maupun *residual fuel*. Penggunaan bahan bakar ini berkontribusi pada emisi udara yang berbahaya bagi lingkungan, Sehingga IMO melalui *International Convention for the Prevention of Pollution from Ships (MARPOL) Annex VI* membatasi kandungan emisi udara yang diperbolehkan. Salah satu regulasi terbaru yang akan diterapkan ialah pembatasan konten sulfur secara global yang saat ini 3.5% akan dikurangi menjadi 0.5% pada tahun 2020. Peraturan mengenai pembatasan konten sulfur *fuel oil* lebih ketat pada *Emission Control Area (ECA)*, yaitu 0.1 % yang sudah mulai berlaku sejak tahun 2015. Untuk memenuhi regulasi dan pembatasan emisi saat ini dan yang akan datang dapat digunakan beberapa opsi, yaitu menggunakan *low sulphur diesel oil*, memasang *exhaust gas cleaning system*, atau menggunakan *liquefied natural gas (LNG)* sebagai bahan bakar utama (International Maritime Organization, 2016).

Dari permasalahan-permasalahan tersebut diperlukan solusi, yaitu kapal domestik pengangkut *crude palm oil* yang efisien dan memiliki kualitas yang baik serta menggunakan bahan bakar yang memenuhi standar regulasi IMO. Solusi yang ditawarkan ialah desain *self-propelled barge (SPB)* dengan bahan bakar ganda (*dual fuel*). *Self-propelled barge (SPB)* adalah jenis kapal dengan lambung datar (*barge*) yang telah mempunyai pendorong sendiri tanpa perlu ditarik atau didorong *tugboat*. Jenis kapal *self-propelled barge* dipilih sebagai jenis kapal yang digunakan dalam studi kali ini dikarenakan terdapat beberapa kelebihan

umum antara SPB dengan tongkang, diantaranya, SPB telah dilengkapi oleh bangunan atas yang lebih sederhana sebagai tempat akomodasi para anak buah kapal (ABK), sistem permesinan, sistem kemudi, sistem penggerak, serta perlengkapan dan peralatan. SPB umumnya dipilih atas pertimbangan proses produksi yang mudah dilakukan serta biaya pembangunan yang dinilai lebih murah apabila dibandingkan dengan kapal konvensional seperti kapal tanker. Kapal ini akan menggunakan *marine diesel oil* (MDO) dan *liquefied natural gas* (LNG) sebagai bahan bakarnya, dimana untuk penggunaan LNG ini dapat mengurangi kandungan SOx & *particulate matter* (PM) hingga 100 % serta emisi NOx sekitar 85 % – 90 %. *Self-propelled barge* ini diharapkan mampu menjadi inovasi yang cukup baik dalam mengekspor *crude palm oil* dari Pelabuhan Dumai ke Singapura dengan aman.

## **I.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, beberapa permasalahan yang akan diselesaikan adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara menentukan *payload* ukuran utama *dual fuel self-propelled barge*?
2. Bagaimana analisis teknis dari *dual fuel self-propelled barge*?
3. Bagaimana analisis ekonomis dari *dual fuel self-propelled barge*?
4. Bagaimana desain rencana garis (*lines plan*) *dual fuel self-propelled barge*?
5. Bagaimana desain rencana umum (*general arrangement*) *dual fuel self-propelled barge*?
6. Bagaimana desain model 3D dari *dual fuel self-propelled barge*?

## **I.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mendapatkan *payload* dan ukuran utama dari *dual fuel self-propelled barge*.
2. Mendapatkan hasil perhitungan teknis dari *dual fuel self-propelled barge*.
3. Mendapatkan hasil perhitungan ekonomis dari *dual fuel self-propelled barge*.
4. Mendapatkan desain rencana garis (*lines plan*) *dual fuel self-propelled barge*.
5. Mendapatkan desain rencana umum (*general arrangement*) *dual fuel self-propelled barge*.
6. Mendapatkan desain pemodelan 3D *dual fuel self-propelled barge*.

## **I.4. Batasan Masalah**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini batasan masalah yang ditentukan adalah:

1. Lingkup penelitian yang dibahas hanya sampai *concept design*.
2. Tidak sampai membahas perhitungan konstruksi dan kekuatan memanjang.
3. Analisis yang dilakukan meliputi komponen dan perhitungan hambatan, berat dan titik berat, stabilitas, perhitungan volume ruang muat, lambung timbul, trim, perhitungan biaya pembangunan, desain rencana garis dan rencana umum, serta desain pemodelan 3D.
4. Kapal yang dimaksud adalah *dual fuel self-propelled barge* yang dapat mengangkut *crude palm oil* (CPO).
5. Menggunakan kapal baja.
6. Rute yang digunakan adalah Dumai-Singapura.
7. Kondisi dan fasilitas bongkar muat yang ada dianggap telah memenuhi. Sistem permesinan *dual fuel* khusus untuk bahan bakar MDO dan LNG.

#### **I.5. Manfaat**

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan dunia pendidikan di Indonesia.
2. Secara praktek, diharapkan hasil dari pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menyediakan kapal domestik yang mampu mengangkut *crude palm oil* untuk ekspor dari Dumai ke Singapura serta menggunakan bahan bakar yang memenuhi standar regulasi IMO.

#### **I.6. Hipotesis**

Jika penelitian ini dilakukan akan dihasilkan desain *dual fuel self-propelled barge* yang dapat mengangkut *crude palm oil* dari Dumai ke Singapura secara aman dan efisien, menghemat biaya bahan bakar serta mengurangi emisi SO<sub>x</sub> & NO<sub>x</sub> pada udara.

## BAB II

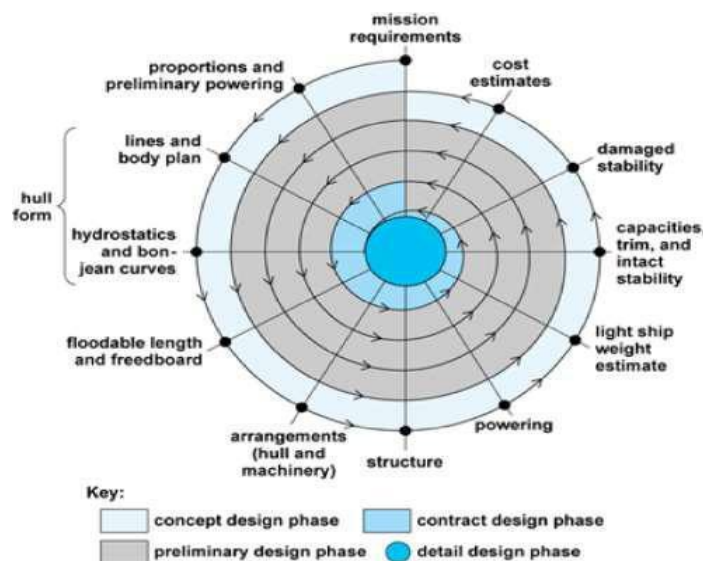
# STUDI LITERATUR

### II.1. Dasar Teori

#### II.1.1. Proses Desain Kapal

Dalam proses awal mendesain kapal diperlukan tujuan, misi dan kegunaan kapal yang akan dibangun yang digunakan sebagai arahan bagi seorang desainer kapal dalam menentukan pilihan-pilihan yang rasional ketika mendesain. Selain itu juga diperlukan data permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) seperti tipe atau jenis kapal, daerah pelayaran, kecepatan, muatan dan kapasitas dari kapal. Data yang diperoleh dari pihak *owner* ini akan diterjemahkan dan diolah oleh desainer menjadi sebuah data kompleks yang cukup untuk digunakan dalam pembangunan dan pengoperasian kapal tersebut. Dalam proses mendesain kapal diperlukan batasan-batasan desain seperti pertimbangan kondisi lingkungan tempat beroperasi dari kapal yang didesain. Selain batasan desain dari permintaan pemilik kapal, desainer harus mengatur batasan-batasan untuk desain itu sendiri, seperti batasan waktu dan biaya.

Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan sebagai *spiral design* seperti yang dapat dilihat pada Gambar II. 1.



Sumber: Evans, 1959

Gambar II. 1 *Spiral Design*

Dalam desain spiral seluruh proses dibagi menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* (Evans, 1959).

a. *Concept Design*

*Concept design* adalah tahap pertama dalam proses desain yang menerjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan direncanakan (Evans, 1959). Dalam pembuatan *concept design* diperlukan TFS (*Technical Feasibility Study*) untuk menentukan elemen-elemen dasar dari kapal yang di desain, seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, *power* mesin, dan karakter lainnya yang memenuhi persyaratan-persyaratan kecepatan, *range* (*endurance*), kapasitas muatan, dan *deadweight*.

Konsep desain bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva, ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal, dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Langkah-langkah dalam konsep desain adalah sebagai berikut :

- Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan membandingkan terhadap beberapa kapal sejenis yang sudah ada.
- Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama
- Memilih proses *iterative* yang akan menghasilkan desain yang mungkin
- Membuat ukuran yang sesuai (analisis ataupun subyektif) untuk desain
- Mengoptimasi ukuran utama kapal
- Mengoptimasi detail kapal

b. *Preliminary Design*

*Preliminary design* adalah tahap selanjutnya dari *concept design*. *Preliminary design* adalah usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada *concept design*. Pada tahap ini, dilakukan pemeriksaan ulang yang terkait dengan *performance* kapal (Evans, 1959). Hasil dari pemeriksaan ulang diharapkan tidak banyak mengubah apa yang sudah ada di tahap *concept design*. Sehingga proses desain bisa berlanjut ke tahap berikutnya.

Hasil dari tahap *preliminary design* ini akan menjadi dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi di tahapan berikutnya. Adapun tahap *preliminary design* ditandai dengan beberapa langkah sebagai berikut:

- Melengkapi bentuk lambung kapal.



- Pemeriksaan terhadap analisis detail struktur kapal.
- Penyelesaian desain bagian interior kapal.
- Perhitungan stabilitas dan hidrostatis kapal
- Mengevaluasi kembali perhitungan tahanan, *powering* maupun *performance* kapal.
- Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal.
- Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail.

c. *Contract Design*

*Contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*. Pada tahapan ini merupakan tahap pengembangan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal.

Tujuan utama pada *contract design* adalah pembuatan dokumen yang secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi :

- *Arrangement drawing*
- *Structural drawing*
- *Structural details*
- *Propulsion arrangement*
- *Machinery selection*
- *Propeller selection*
- *Generator selection*
- *Electrical selection*

Keseluruhan komponen-komponen di atas biasanya disebut *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal.

d. *Detail Design*

*Detail design* adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail

(Evans,1959). Pada tahap *detail design* mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk penggunaan mekanik yang membangun lambung dan berbagai unit mesin bantu dan mendorong lambung, fabrikasi, dan instalasi perpipaan dan kabel. Hasil dari tahapan ini adalah berisi petunjuk atau intruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi pada *fitters, welders, outfitters, metal workers, machinery vendors, pipe fitters*, dan lain-lainnya.

### II.1.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal Dengan Metode *Geosim Procedure*

Dalam menentukan ukuran utama awal kapal dapat digunakan beberapa metode, salah satunya adalah metode *Geosim Procedure*. Metode *Geosim Procedure* merupakan metode mencari ukuran utama awal kapal dengan menggunakan 1 kapal sebagai *basic ship*, dimana *basic ship* yang digunakan memiliki bentuk geometri yang mirip dengan kapal yang akan didesain (Barras , 2004). Metode ini memanfaatkan analisa perbandingan ukuran utama kapal, antara *basic ship* dengan *new ship*. Formula perbandingan ini ialah sebagai berikut:

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3 = \frac{W_2}{W_1} = K \quad (\text{II.1})$$

Dimana  $L_2$  merupakan panjang *new ship*,  $L_1$  panjang *basic ship*,  $W_2$  *displacement new ship*, dan  $W_1$  merupakan *displacement basic ship*. Nilai  $W_2/W_1$  disebut sebagai K, dan digunakan sebagai faktor pengali dalam menentukan ukuran utama kapal *new ship*. Nilai ukuran utama *new ship* dapat ditentukan dengan formula (Barras , 2004):

$$L_2 = K \times L_1 \quad (\text{II.2})$$

$$B_2 = K \times B_1 \quad (\text{II.3})$$

$$H_2 = K \times H_1 \quad (\text{II.4})$$

$$T_2 = K \times T_1 \quad (\text{II.5})$$

Setelah mendapatkan ukuran utama *new ship*, perlu dilakukan pengecekan nilai koefisien *displacement* ( $C_D$ ) antara *new ship* dan *basic ship*, dimana nilai  $C_D$  ini tidak boleh jauh berbeda. Formula untuk mengetahui nilai  $C_D$  ialah sebagai berikut (Barras, 2004):

$$C_D = \frac{\text{deadweight}}{\text{displacement}} = \frac{dwt}{W} \quad (\text{II.6})$$

### II.1.3. Perancangan Kapal Dengan Metode Optimisasi

Optimisasi adalah suatu proses untuk mendapatkan satu hasil yang relatif lebih baik dari beberapa kemungkinan hasil yang memenuhi syarat berdasarkan batasan-batasan tertentu (Setijoprajudo, 1999). Pada dasarnya optimisasi adalah mencari titik maksimum atau

minimum dari suatu fungsi. Caranya dengan mencari titik stasioner baik untuk fungsi 1 variabel maupun untuk fungsi dengan n variabel. Misalnya:

- fungsi tujuan dengan satu variabel =  $f(X_1)$
- fungsi tujuan dengan n variabel =  $f(X_1, X_2, \dots, X_n)$

Dalam proses optimisasi selalu melibatkan hal-hal dibawah ini (Setijoprajudo, 1999), yaitu:

- a) Variabel, adalah harga-harga yang akan dicari dalam proses optimisasi. Contoh: L, B, H, T, diameter propeller, Ae/Ao dan lain-lain. Jenis-jenis variabel adalah :
  - Variabel tak bebas (*dependent variables*), yaitu variabel yang tidak dapat berdiri sendiri, melainkan berhubungan satu dengan yang lainnya. Contohnya  $\Delta$ , L, B, H, T, Cb, dan lain-lain.
  - Variabel bebas, yaitu variabel yang dapat berdiri sendiri. Contohnya L/B, B/T, dan lain-lain.
  - Variabel tunggal (*uni variable*)
  - Variabel ganda (*multi variables*)
  - Variabel kontinu (*continous-variabel*) yaitu variabel yang dapat mempunyai harga pada daerah yang sudah ditentukan. Contohnya kecepatan kapal barang 750 DWT sampai 1000 DWT
  - Variabel tertentu (*discrete variables*) yaitu variabel yang dihitung untuk kondisi-kondisi tertentu. Contohnya jumlah bantalan poros yang tergantung pada panjangnya.
- b) Parameter, adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama satu kali proses optimisasi karena syarat-syarat tertentu (misalnya dari biro klasifikasi atau *port authority*) atau dapat juga suatu variabel yang diberi harga tertentu. Harga tersebut dapat diubah setelah satu kali proses optimisasi untuk menyelidiki kemungkinan terdapatnya hasil yang lebih baik. Contohnya nilai B/T kapal barang dapat ditentukan = 2,25.
- c) Konstanta, adalah harga-harga yang tidak berubah besarnya selama proses optimisasi berlangsung tuntas. Contoh: Berat jenis air, gravitasi bumi.
- d) Batasan, adalah harga-harga batas yang telah ditentukan baik perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan, maupun oleh persyaratan-persyaratan lainnya. Contoh:
  - $3 < \text{jumlah daun baling-baling} < 5$

- $1,9 < B/T \text{ kapal penangkap ikan} < 2,3$

Batasan yang merupakan persamaan biasanya ditulis:

$$h_i(x) = 0 \quad i = 1,2,3,\dots,m$$

Batasan yang merupakan pertidaksamaan biasanya ditulis:

$$g_i(x) > 0 \quad i = m+1, m+2, \dots,p$$

Bentuk umum :

$$G_{min}(x) < g(x) < g_{max}(x)$$

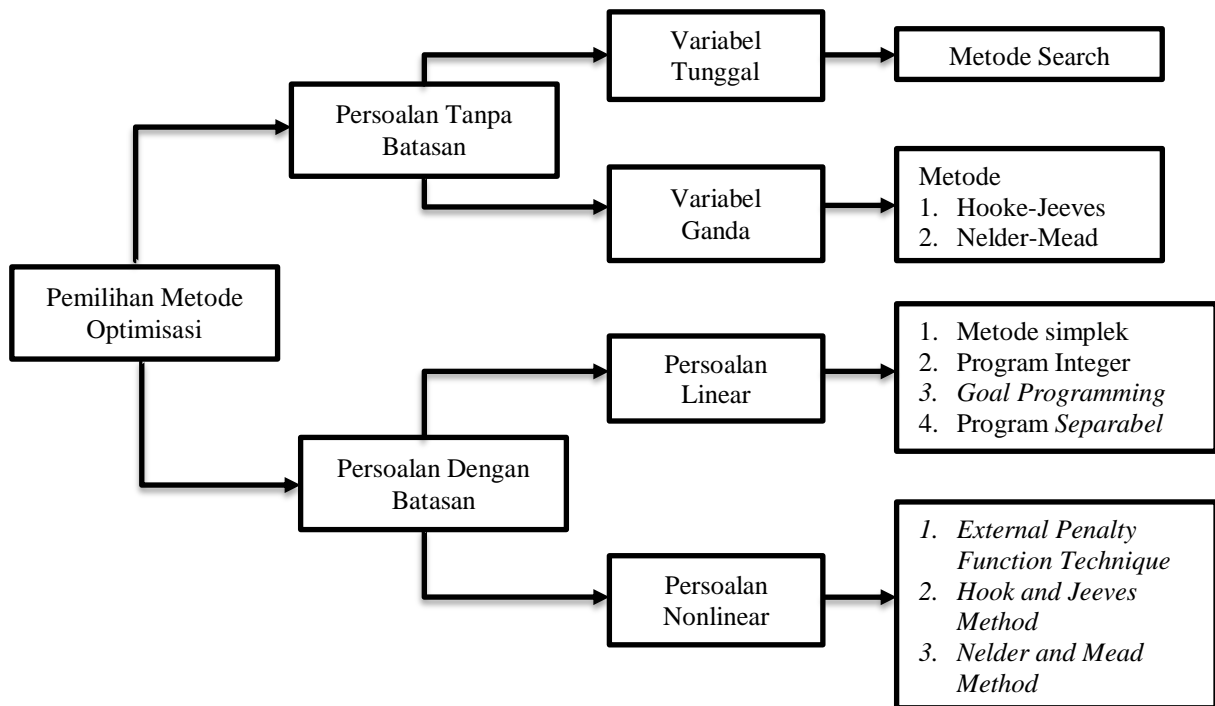
Contoh :  $2,2 < H < 3,5$  m merupakan batasan yang diberikan oleh pemesan yang merupakan batas minimum dan batas maksimum tinggi kapal yang dapat bersandar pada dermaga pemesan.

- e) Fungsi obyektif, adalah hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang harganya akan dioptimalkan. Fungsi tersebut dapat berupa linear atau kompleks serta bisa juga gabungan dari beberapa fungsi obyektif yang lain. Contoh: akan dibangun kapal dengan biaya paling murah. Maka biaya disini berfungsi sebagai fungsi obyektif yang diminimumkan.

Urutan dalam pelaksanaan proses optimisasi dapat diringkas sebagai berikut :

1. Mencari bentuk matematis.
  - Menentukan variabel dan parameter
  - Mencari hubungan antar variabel dan parameter.
2. Mencari batasan untuk variabel.
3. Memilih fungsi obyektif yang diinginkan

Terdapat beberapa pilihan metode optimisasi. Metode ini dibagi ini menjadi 2 kelompok besar yaitu persoalan tanpa batasan dan persoalan dengan batasan (Setijoprajudo, 1999). Pilihan metode optimisasi dapat dilihat pada Gambar II. 2.



Sumber: Setijoprajudo, 1999  
Gambar II. 2 Pilihan Metode Optimisasi

Dalam penelitian ini metode optimisasi yang digunakan ialah pemrograman nonlinear (*nonlinear programming*). Pemrograman nonlinear merupakan salah satu teknik riset operasi untuk memecahkan permasalahan optimasi dengan menggunakan persamaan dan pertidaksamaan nonlinear untuk mencari hasil (*output*) yang optimum dengan memperhatikan sumber-sumber (*input*) yang persediaannya terbatas pada nilai tertentu. Jika suatu permasalahan optimasi yang fungsi tujuan dan kendalanya berbentuk nonlinear pada salah satu atau keduanya, maka permasalahan tersebut disebut nonlinear. Permasalahan optimasi tersebut tidak akan bisa dipecahkan dengan pemrograman linear dimana justru biasanya akan timbul variabel atau fungsi-fungsi baru pada kondisi tertentu dan akan terus berlanjut. Suatu fungsi dikatakan nonlinear jika terdapat perkalian antara variabel bebas dengan dirinya sendiri atau dengan variabel bebas yang lain. Fungsi nonlinear dapat berupa fungsi kuadrat, fungsi eksponen, fungsi logaritma, fungsi pecahan dan lain-lain. (Febriani, 2015). Model pemrograman nonlinear meliputi pengoptimuman suatu kondisi berikut:

- a. Fungsi tujuan nonlinear terhadap kendala linear
- b. Fungsi tujuan nonlinear terhadap kendala nonlinear
- c. Fungsi tujuan nonlinear tidak berkendala.

Dalam penelitian ini, kasus *nonlinear programming* memiliki fungsi tujuan nonlinear dan batasan/kendala yang nonlinear (*nonlinear constrained*). Ada 2 macam metode *nonlinear*

*constrained programming* yang sangat terkenal yaitu *sequential quadratic programming* dan *generalized reduced gradient* (GRG). Pertama kali GRG dikembangkan oleh Abadie dan Carpentier sebagai pengembangan *the reduced gradient method*. GRG mentransformasi ketidaksamaan batasan kedalam persamaan batasan melalui *slack variable*. Metode ini telah diadopsi Microsoft Excel dalam *tools solver* untuk meyelesaikan persoalan optimisasi (Hasanudin, 2015).

#### II.1.4. Ukuran Utama Kapal

Dalam proses perancangan kapal terdapat langkah-langkah perhitungan untuk menentukan ukuran utama kapal yang dirancang berdasarkan kapal-kapal pembanding. Langkah-langkah ini berlaku pada umumnya untuk berbagai tipe kapal. Ukuran utama yang dicari harus sesuai dengan jenis kapal yang telah ditentukan. Adapun ukuran-ukuran yang perlu diperhatikan sebagai kapal pembanding adalah:

- a. Lpp (*Length between perpendicular*) yaitu panjang kapal yang di ukur antara garis tegak vertikal di buritan (*after perpendicular*) dan garis tegak vertikal di haluan (*fore perpendicular*).
- b. Loa (*Length Overall*) yaitu panjang keseluruhan kapal yang diukur secara horizontal dari titik depan terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.
- c. Bm (*Breadth Moulded*) yaitu lebar terbesar diukur dari bidang tengah kapal. Untuk kapal-kapal baja atau kapal yang terbuat dari logam lainnya, *breadth moulded* diukur tanpa kulit, sedangkan kapal yang terbuat dari kayu atau berbahan nonlogam lainnya, diukur jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.
- d. H (*Height*) yaitu jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak disisi kapal.
- e. T (*Draught*) yaitu jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

#### II.1.5. Koefisien Bentuk Badan Kapal

Koefisien bentuk yang dihitung meliputi koefisien blok ( $C_B$ ), koefisien prismatic ( $C_P$ ), koefisien *midship* ( $C_M$ ), koefisien *waterplane* ( $C_{WP}$ ), LCB dan juga *displacement*.

- Koefisien Blok ( $C_B$ )

Koefisien Blok adalah perbandingan volume balok yang menggunakan dimensi  $L \times B \times H$  kapal dengan badan kapal yang tercelup air.

$$C_B = \frac{\nabla}{L.B.T} \quad (II.7)$$

Pada persamaan II.1 merupakan rumus  $C_B$  yang digunakan apabila sarat kapal diketahui. Adapun rumus lain menurut Watson & Gilfillan yaitu rumus pendekatan melalui fungsi *Froude Number* (Parsons, 2001) seperti yang ditunjukkan pada persamaan berikut:

$$C_B = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6Fn^3 \quad (\text{II.8})$$

Dimana *Froude Number* merupakan fungsi dari kecepatan kapal.

- Koefisien Prismatic ( $C_P$ )

Koefisien Prismatic adalah perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup di dalam air dengan volume prisma segi empat yang memiliki luas penampang gading terbesar dan panjang  $L$ .

$$C_P = \frac{\nabla}{A_M.L} \quad (\text{II.9})$$

- Koefisien *Midship* ( $C_M$ )

Koefisien *midship* merupakan perbandingan antara luas penampang di bagian tengah kapal (*midship*) yang tercelup ke air dengan luas persegi yang memiliki ukuran  $B$  dan  $T$ . Untuk mencari nilai  $C_M$  bisa dilakukan dengan persamaan di bawah:

$$C_M = \frac{A_M}{B.T} \quad (\text{II.10})$$

Untuk mendapatkan nilai  $C_M$  pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi  $C_B$  (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan berikut:

$$C_M = 0.997 + 0.085(C_B - 0.6) \quad (\text{II.11})$$

- Koefisien *Waterplane* ( $C_{WP}$ )

Koefisien *waterplane* merupakan perbandingan luas bidang air pada sarat dengan luas persegi yang memiliki dimensi  $L_{wl} \times B$ . Nilai  $C_{WP}$  dapat dicari dengan persamaan:

$$C_{WP} = \frac{A_{WP}}{L_{WL}.B} \quad (\text{II.12})$$

Untuk mendapatkan nilai  $C_{WP}$  pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi  $C_P$  (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan di bawah:

$$C_{WP} = 0.262 + 0.810C_P \quad (\text{II.13})$$

- LCB

*Longitudinal Center of Buoyancy* (LCB) merupakan letak memanjang dari titik apung (*buoyancy*). Nilai LCB dapat bernilai positif maupun negatif dari titik tengah kapal (*midship*) yang mempengaruhi hambatan kapal dan juga trim (Parsons, 2001).

$$LCB = -13.5 + 19.4 C_p \quad (II.14)$$

- *Displacement*

*Displacement* adalah berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang merupakan hasil konversi dari volume air yang dipindahkan (*volume displacement*) menjadi satuan massa (ton).

$$Volume\ Disp\ (\nabla) = L.B.T.C_B \quad (II.15)$$

$$Disp\ (\Delta) = L.B.T.C_B.\rho \quad (II.16)$$

### II.1.6. Hambatan Kapal

Hambatan Kapal adalah gaya fluida yang bekerja berlawanan arah gerak kapal pada kecepatan tertentu. Hambatan tersebut merupakan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerak kapal. Untuk menghitung hambatan kapal dengan metode Holtrop dapat menggunakan persamaan umum berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{Tot} [C_F(1 + k) + C_A] + \frac{R_W}{W} W \quad (II.17)$$

- Koefisien Hambatan Gesek

Fluida memiliki suatu sifat yaitu kekentalan atau viskositas. Dengan adanya viskositas, fluida dapat menimbulkan gesekan apabila dilewati oleh suatu benda. Untuk menentukan nilai koefisien hambatan gaya gesek, dapat menggunakan persamaan

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} \quad (II.18)$$

- Luas Permukaan Basah

Luas permukaan basah adalah seluruh luasan badan kapal yang tercelup di dalam air. Selain luasan badan kapal, terdapat luasan tambahan seperti luas *rudder*, *bilge keel*, dll. Luasan permukaan basah dapat mempengaruhi hambatan, semakin besar luasan permukaan basah maka hambatan yang dihasilkan juga akan besar.

- Koefisien Bentuk

Koefisien bentuk badan kapal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut

$$(1 + k) = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}} \quad (II.19)$$



- *Correlation Allowance*

Nilai  $C_A$  merupakan faktor dari perbandingan sarat (T) dengan panjang garis air (Lwl).

$$CA = \frac{T}{Lwl} \quad (II.20)$$

- Koefisien Hambatan Gelombang

Hambatan gelombang adalah gaya yang menghambat gerak kapal. Gaya tersebut diperoleh melalui gelombang air yang memiliki kemampuan untuk menahan gerak kapal. Untuk mendapatkan nilai  $R_W$  dapat menggunakan persamaan berikut

$$RW = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 \cdot Fn^d + m_2 \cdot \cos(\lambda Fn^2)} \quad (II.21)$$

- Gaya Berat

Dengan menggunakan hukum Newton II, maka gaya berat adalah hasil kali dari *displacement* kapal (ton) dengan percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )

### II.1.7. Propulsi Kapal

Setelah mengetahui hambatan total yang dihasilkan kapal, desainer dapat menentukan kapasitas mesin induk untuk melawan hambatan tersebut. Kapasitas dari mesin induk yang memenuhi dapat ditentukan dengan mencari nilai *Break Horse Power* (BHP). Berikut adalah cara mendapatkan BHP

- *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang diperlukan kapal untuk melawan hambatan yang terjadi sehingga kapal mampu bergerak sesuai dengan kecepatan yang ditentukan (Parsons, 2001). Untuk mendapatkan nilai EHP dapat dilakukan dengan persamaan di bawah,

$$P_E = R_T \cdot v \quad (II.22)$$

- *Delivered Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai pada *propeller*. Dipengaruhi oleh efisiensi *hull* ( $\eta_H$ ), *relative-rotative efficiency* ( $\eta_R$ ), dan *open water efficiency* ( $\eta_O$ ). Untuk mencari nilai DHP dapat menggunakan persamaan di bawah,

$$P_D = \frac{P_E}{\eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_O} \quad (II.23)$$

- *Shaft Horse Power* (SHP)

SHP merupakan daya yang telah melewati proses transmisi pada *reduction gear*. SHP dipengaruhi oleh letak kamar mesin dikarenakan letak kamar mesin di

bagian belakang dan di tengah kapal memiliki *seal efficiency* ( $\eta_S$ ) dan *line shaft bearing efficiency* ( $\eta_B$ ).

$$P_S = \frac{P_D}{\eta_S \cdot \eta_B} \quad (\text{II.24})$$

- *Break Horse Power* (BHP)

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin induk untuk mencapai kecepatan yang direncanakan. Persamaan untuk menghitung BHP adalah

$$P_B = \frac{P_D}{\eta_T} \quad (\text{II.25})$$

- *Maximum Continious Rates* (MCR)

MCR adalah daya yang telah ditambahkan akibat loss dari hal yang lain. Pertambahan daya dari BPH menuju MCR disebut *service margin* yang nilainya sebesar 15%-25%.

### II.1.8. Berat Kapal

Besarnya *displacement* adalah sama besar dengan berat total seluruh kapal. Komponen komponen berat kapal terdiri dari *lightweight tonnage* (LWT) dan *deadweight tonnage* (DWT).

- DWT

DWT adalah merupakan berat dari muatan yang tidak tetap yang meliputi berat *payload*, bahan bakar, minyak lumas, air tawar, bawaan penumpang, dan kebutuhan penumpang. Perhitungan tiap-tiap berat komponen ini dihitung dengan sesuai kebutuhan kapal.

- LWT

LWT adalah merupakan berat dari muatan kapal kosong yang meliputi berat lambung kapal, *superstructure*, *deckhouses*, permesinan, peralatan dan perlengkapan kapal. Dengan menggunakan rumus pendekatan bisa didapatkan berat dari struktur kapal secara keseluruhan meliputi *hull* kapal, *superstructure*, serta *deckhouse*. Berikut rumus yang dipakai (Parsons, 2001)

$$W_{ST} = L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S \text{ (Ton)} \quad (\text{II.26})$$

$D_A$  merupakan ukuran tinggi kapal yang disesuaikan menurut tinggi dari tiap *deckhouse* dan *superstructure*.

$$D_A = H + \frac{V_A + V_{DH}}{L \cdot B} \quad (\text{II.27})$$

$C_S$  dapat dihitung dengan persamaan

$$C_S = C_{SO} + 0.06 e^{-(0,5U+0,1U^{2,45})} \quad (\text{II.28})$$

$$U = \log\left(\frac{\Delta}{100}\right) \quad (\text{II.29})$$

Dengan  $C_{SO}$  merupakan koefisien berdasarkan jenis kapal seperti yang dapat dilihat pada Tabel II. 1.

Tabel II. 1  $C_{SO}$  Berdasarkan Tipe Kapal

TIPE KAPAL	$C_{SO}$
<i>Bulk carriers</i>	0.07
<i>Cargo ship (1 deck)</i>	0.07
<i>Cargo ship (2 decks)</i>	0.076
<i>Cargo ship (3 decks)</i>	0.082
<i>Passenger ship</i>	0.058
<i>Product carriers</i>	0.0664
<i>Reefers</i>	0.0609
<i>Rescue vessels</i>	0.0232
<i>Support vessels</i>	0.0974
<i>Tanker</i>	0.0752
<i>Train ferries</i>	0.65
<i>Tugs</i>	0.0892
VLCC	0.0645

Sumber: Parsons, 2001

### II.1.9. Freeboard

*Freeboard* adalah selisih antara tinggi kapal, termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, dengan sarat kapal (T) muatan penuh yang diukur pada sarat musim panas (*summer freeboard*). Panjang *freeboard* adalah panjang yang diukur dari 96% panjang garis air (Lwl) pada 85% tinggi kapal-kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara Lpp dan 96% Lwl pada 85% tinggi *moulded*. Lebar *freeboard* adalah lebar yang diukur pada bidang tengah kapal. *Freeboard* memiliki tujuan sebagai daya apung cadangan untuk menjaga keselamatan penumpang, crew, muatan, dan kapal itu sendiri. *Freeboard* pada kapal harus memenuhi persyaratan dari *International Maritime Organization* (IMO) melalui *International Convention on Load Lines* (ICLL).

Adapun langkah-langkah dalam menentukan *freeboard* kapal yaitu (*International Maritime Organization*, 1966):

1. Penentuan Tipe Kapal
  - a) Kapal tipe A: kapal dengan persyaratan salah satu dari :
    - Kapal yang didesain memuat muatan cair dalam curah.

- Kapal yang mempunyai integritas tinggi pada geladak terbuka dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, ditutup sekat penutup baja yang kedap atau material yang *equivalent*.
  - Mempunyai permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.
- b) Kapal tipe B: kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.
2. Perhitungan *freeboard* standar  
Yaitu *freeboard* yang tertera pada Tabel standard *freeboard* sesuai dengan tipe kapal.
3. Koreksi
- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m
  - Koreksi koefisien blok ( $C_b$ )
  - Koreksi tinggi kapal
  - Tinggi standart bangunan atas dan koreksi bangunan atas
  - Koreksi bangunan atas
  - Minimum *bow height*

#### II.1.10. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM.

Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu (International Maritime Organization, 2008):

- a. Faktor internal yaitu tata letak barang/*cargo*, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan
- b. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai

Titik-titik penting stabilitas kapal antara lain adalah:

- a. KM (Tinggi titik metasentris di atas lunas)

KM ialah jarak tegak dari lunas kapal sampai ke titik M, atau jumlah jarak dari lunas ke titik apung (KB) dan jarak titik apung ke metasentris (BM), sehingga KM dapat dicari dengan rumus  $KM = KB + BM$ .

b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Letak titik B di atas lunas bukanlah suatu titik yang tetap, akan tetapi berpindah-pindah oleh adanya perubahan sarat atau senget kapal (Wakidjo, 1972). Menurut Rubianto (1996), nilai KB dapat dicari berdasarkan ketentuan:

- Untuk kapal tipe plat *bottom*,  $KB = 0,50d$
- Untuk kapal tipe V *bottom*,  $KB = 0,67d$
- Untuk kapal tipe U *bottom*,  $KB = 0,53d$

c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

BM dinamakan jari-jari metasentris atau *metacentris radius* karena bila kapal oleng dengan sudut-sudut yang kecil, maka lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan BM sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil ( $10^\circ$ - $15^\circ$ ).

d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Nilai KB untuk kapal kosong diperoleh dari percobaan stabilitas (*inclining experiment*), selanjutnya KG dapat dihitung dengan menggunakan dalil momen. Nilai KG dengan dalil momen ini digunakan bila terjadi pemuatan atau pembongkaran di atas kapal dengan mengetahui letak titik berat suatu bobot di atas lunas yang disebut dengan *vertical centre of gravity* (VCG) lalu dikalikan dengan bobot muatan tersebut sehingga diperoleh momen bobot tersebut, selanjutnya jumlah momen-momen seluruh bobot di kapal dibagi dengan jumlah bobot menghasilkan nilai KG pada saat itu.

e. GM (Tinggi Metasentris)

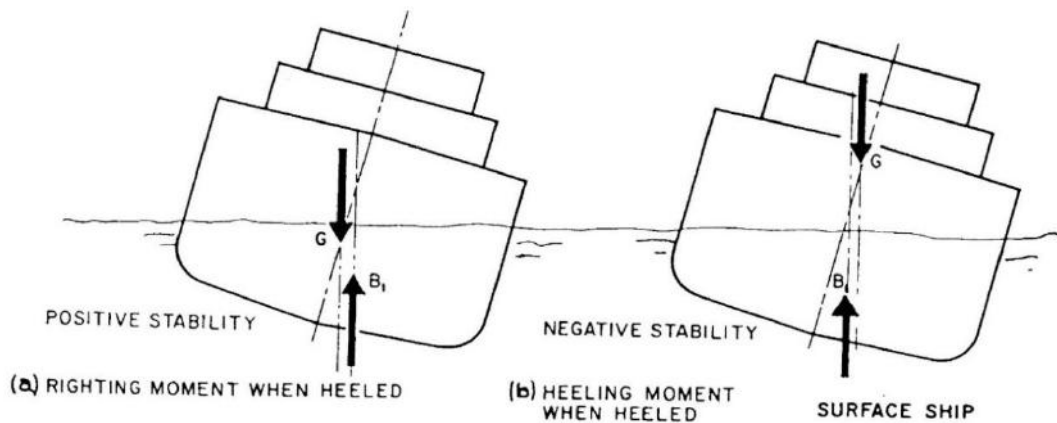
Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) merupakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

$$GM = KM - KG$$

$$GM = (KB + BM) - KG$$

b. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Momen Miring (*Heeling Moment*)

Momen penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke kedudukan tegaknya setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi, sementara momen miring adalah momen yang akan menjauhkan kapal dari kedudukan tegaknya. Seperti pada Gambar II. 3 merupakan sketsa momen penegak dan momen miring (Lewis, PNA Vol.I, 1988).



Sumber: PNA Vol.I, 1998

Gambar II. 3 Momen Penegak (*Righting*) dan Momen Miring (*Heeling*)

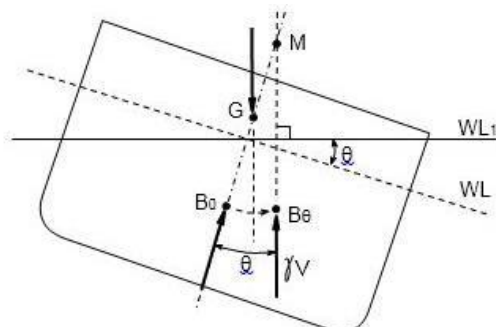
Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal antara lain adalah:

- Berat benaman (isi kotor) atau *displacement* adalah jumlah ton air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup dalam air.
- Berat kapal kosong (*Light Displacement*) yaitu berat kapal kosong termasuk mesin dan alat-alat yang melekat pada kapal.
- Operating load* (OL) yaitu berat dari sarana dan alat-alat untuk mengoperasikan kapal dimana tanpa alat ini kapal tidak dapat berlayar

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu:

- Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Suatu keadaan dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas kokoh sewaktu miring pasti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.

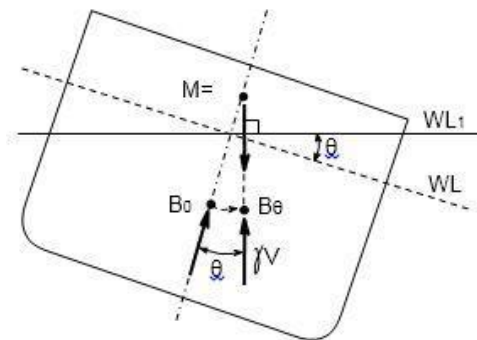


Gambar II. 4 Kondisi Stabilitas Positif

Pada Gambar II. 4 menggambarkan stabilitas positif dimana titik *metacenter* lebih besar kedudukannya daripada titik gravitasi.

b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berhimpit dengan titik M. Maka momen penegak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau bahkan tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu menyenget. Dengan kata lain bila kapal miring dan tidak ada momen penerus sehingga kapal tetap miring pada sudut yang sama, penyebabnya adalah titik G terlalu tinggi dan berhimpit dengan titik M karena terlalu banyak muatan di bagian atas kapal

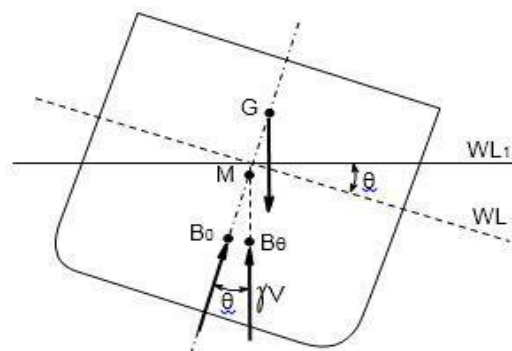


Gambar II. 5 Kondisi Stabilitas Netral

Pada Gambar II. 5 menggambarkan stabilitas netral dimana titik *metacenter* sama kedudukannya dengan titik gravitasi.

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G-nya berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu menyenget tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut sengetnya akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik. Atau suatu kondisi bila kapal miring karena gaya dari luar, maka timbullah sebuah momen yang dinamakan momen penerus atau *heeling moment* sehingga kapal akan bertambah miring. Kondisi stabilitas negatif ini ditunjukkan pada Gambar II. 6.



Gambar II. 6 Kondisi Stabilitas Negatif

Pemeriksaan perhitungan stabilitas menggunakan kriteria berdasarkan *Intact Stability* (IS) Code Reg. III/3.1, yang isinya adalah sebagai berikut:

1.  $e_{0.30} \geq 0.055$  m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055$  m rad.
2.  $e_{0.40} \geq 0.09$  m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ \geq 0.09$  m rad.
3.  $e_{30,40} \geq 0.03$  m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$  m rad.
4.  $h_{30} \geq 0.2$  m, lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.
5.  $h_{max}$  pada  $\phi_{max} \geq 25^\circ$ , lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari  $25^\circ$ .
6.  $GM_0 \geq 0.15$  m, tinggi metasenter awal  $GM_0$  tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

#### II.1.11. Perhitungan GT dan NT

Tonase kapal yang merupakan hasil dari pengukuran volume-volume ruangan-ruangan tertutup pada kapal sangatlah penting untuk diketahui karena besarnya tonase kapal erat kaitannya dengan pengoperasian kapal tersebut nantinya. Dari segi ekonomi, tonase kapal akan berpengaruh pada besarnya pengeluaran oleh pemilik kapal dan besarnya pendapatan pajak pemerintah dari pajak terhadap kapal tersebut yaitu pada saat kapal akan dilakukan *docking* atau pada saat tambat di pelabuhan. Adapun besarnya tonase kapal yang didesain dengan tonase kapal yang didapat setelah dilakukan pengukuran oleh ahli ukur tidak boleh terlalu jauh perbedaannya karena akan menyebabkan kerugian, baik kerugian untuk pemilik kapal atau pemerintah.

Tonase pada kapal ada dua macam yaitu *Gross Tonnage* (GT) dan *Net Tonnage* (NT). *Gross tonnage* (GT) merupakan ukuran volume ruangan kapal yang tertutup secara keseluruhan, mulai dari ruangan kapal dibawah geladak cuaca ( $V_U$ ) sampai ruangan bangunan atas kapal ( $V_H$ ) Pengukuran *Gross Tonnage* (GT) menggunakan cara pengukuran internasional berdasarkan ketentuan yang ada dalam *International Convention on Tonnage Measurements of Ships*. Pengukuran GT kapal dapat ditentukan sesuai dengan rumus berikut (International Maritime Organization, 1969):

$$GT = K_1 V \quad (II.30)$$



Dimana  $V$  merupakan jumlah isi semua ruang-ruang tertutup pada kapal yang dinyatakan dalam meter kubik dan  $K_1$  merupakan koefisien yang diperoleh dari hasil interpolasi linear, rumus  $K_1$  dapat dilihat pada rumus berikut (International Maritime Organization, 1969):

$$K_1 = 0,2 + 0,02 \log 10(V) \quad (\text{II.31})$$

*Net Tonnage* (NT) atau tonase bersih adalah perhitungan ruang dalam kapal untuk muatan (*cargo*) kapal. *Net Tonnage* dinyatakan dalam ton yang merupakan representasi dari dari 100 kubik kaki yang setara dengan  $2,83 \text{ m}^3$ . Pengukuran *Net Tonnage* dapat ditentukan dengan menggunakan formula berikut (International Maritime Organization, 1969):

$$NT = K_2 \times V_C \times \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \times \left(N_1 + \frac{N_2}{10}\right) \quad (\text{II.32})$$

Dimana  $d$  merupakan sarat kapal (*draught*),  $D$  merupakan nilai dari tinggi kapal (*depth*).  $N_1$  merupakan jumlah penumpang dalam kabin (tidak boleh lebih dari 8 orang), dan  $N_2$  merupakan jumlah dari penumpang lainnya. Nilai dari  $K_2$  didapatkan dengan formula berikut:

$$K_2 = 0,2 + 0,02 \log 10(V_C) \quad (\text{II.33})$$

$V_C$  merupakan nilai volume dari muatan kapal yang dinyatakan dalam meter kubik. Nilai  $K_3$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$K_3 = 1,25 \times \frac{GT+10000}{10000} \quad (\text{II.34})$$

### II.1.12. Metode *Break Even Point*

*Break even point* menunjukkan keadaan dimana jumlah penjualan atau pendapatan sama dengan jumlah biaya untuk memperoleh hasil tersebut. Laba akan diperoleh jika produksi dan penjualannya melampaui titik impas atau *break even point*. Cara ini digunakan jika perusahaan hanya menghasilkan suatu macam barang dengan bauran penjualan yang konstan. Rumus yang digunakan untuk menghitung titik impas adalah sebagai berikut (Effendi, 2009):

$$BEP = \frac{\text{Fixed Cost}}{(\text{Price}-\text{Variable Cost})} \quad (\text{II.35})$$

*Fixed Cost* adalah biaya yang diperkirakan tetap harganya.

*Variable Cost* adalah biaya yang sewaktu-waktu dapat berubah.

*Price* adalah harga sewa.

### II.1.13. Metode *Net Present Value*

Metode nilai sekarang bersih atau *net present value* (NPV) berdasarkan pada konsep keekivalenan nilai dari seluruh arus kas relatif terhadap beberapa dasar atau titik awal dalam waktu yang disebut sebagai sebagai sekarang. Artinya seluruh arus kas masuk dan arus kas keluar diperhitungkan terhadap titik waktu sekarang pada suatu tingkat bunga yang umumnya MARR. NPV dari alternatif investasi adalah suatu ukuran mengenai seberapa banyak uang yang mampu dibayarkan oleh suatu perusahaan untuk investasi, melebihi biayanya (Effendi, 2009). Suatu usaha dikatakan menghasilkan keuntungan yang baik yaitu apabila nilai NPV diatas 0. Rumus dari *net present value* adalah sebagai berikut:

$$NPV = F_k(P/F, i\%, k) \quad (II.36)$$

Dimana  $F_k$  adalah nilai masa depan,  $k$  adalah periode, dan  $i$  adalah bunga bank/MARR.

### II.1.14. Metode *Profitability Index*

Metode ini menghitung perbandingan antara nilai sekarang dan penerimaan-penerimaan kas bersih di masa yang akan datang dengan nilai sekarang dari investasi. Kriteria penilaian adalah jika  $PI > 1$ , maka usulan investasi dikatakan menguntungkan, dan sebaliknya. Kriteria ini erat kaitannya dengan kriteria NPV, dimana jika NPV suatu investasi dikatakan layak, maka menurut kriteria PI juga layak (Effendi, 2009). Rumus dari *profitability index* adalah sebagai berikut:

$$PI = \frac{PV \text{ of future cash flow}}{\text{initial investment}} \quad (II.37)$$

### II.1.15. Metode *Internal Rate of Return*

IRR merupakan tingkat penghasilan atau biasa disebut dengan *investment rate* yang menggambarkan tingkat keuntungan dari proyek atau investasi dalam bentuk persen (%) pada angka NPV sama dengan nol. Hasil perhitungan IRR jika menunjukkan nilai IRR lebih besar dari *rate of return* yang ditentukan maka usulan proyek diterima, sebaliknya jika nilai IRR lebih kecil daripada *rate of return* yang ditentukan maka usulan proyek ditolak (Yasuha, 2017). Adapun rumus untuk menghitung IRR adalah sebagai berikut:

$$IRR = NCF_0 + \frac{NCF_1}{(1+IRR)_1} + \frac{NCF_2}{(1+IRR)_2} + \dots + \frac{NCF_n}{(1+IRR)_n} = 0 \quad (II.38)$$

Dimana NCF adalah *Net Cash Flow*, IRR adalah *Internal Rate of Return*, dan  $n$  adalah periode terakhir aliran kas yang diharapkan.

### II.1.16. Metode *Payback Period*

Metode *Payback Period* merupakan teknik penilaian terhadap jangka waktu (periode) yang dibutuhkan untuk menutup *initial investment* dari suatu proyek dengan menggunakan *cash inflow* yang dihasilkan proyek tersebut. Jika aliran kas tidak sama maka harus dicari satu persatu yakni dengan cara mengurangi total investasi dengan *cash flow*-nya sampai diperoleh hasil total investasi sama dengan *cashflow* pada tahun tertentu. (Yasuha, 2017). *Payback period* dari suatu investasi atau proyek tertentu merupakan penentu penting apakah akan melakukan proyek, karena periode pengembalian yang lebih lama biasanya tidak diinginkan untuk posisi investasi. Rumus dari *payback period* adalah sebagai berikut:

$$\text{Payback period} = t + \frac{b - c}{d - c} \quad (\text{II.39})$$

t adalah tahun terakhir dimana *cash inflow* belum menutup nilai investasi

b adalah nilai investasi

c adalah kumulatif *cash inflow* pada tahun ke-t

d adalah jumlah kumulatif *cash inflow* pada tahun ke-t

## II.2. Tinjauan Pustaka

### II.2.1. *Crude Palm Oil* (CPO)

*Crude palm oil* (CPO) atau minyak kelapa sawit adalah minyak nabati edibel yang didapatkan dari mesocarp buah pohon kelapa sawit, umumnya dari spesies *Elaeis guineensis*, dan sedikit dari spesies *Elaeis oleifera* dan *Attalea maripa*. Minyak sawit adalah bahan memasak yang umum di negara tropis di Afrika, Asia Tenggara, dan sebagian Brasil. Penggunaannya dalam industri makanan komersial di belahan negara lain didorong oleh biaya produksinya yang rendah dan kestabilan oksidatifnya ketika digunakan untuk menggoreng. *Crude palm oil* ini dapat dilihat pada Gambar II. 7.



Sumber: Wikipedia, 2018  
Gambar II. 7 *Crude Palm Oil*

Minyak sawit secara alami berwarna merah karena kandungan beta-karoten yang tinggi. Minyak kelapa sawit (*crude palm oil*) berbeda dengan minyak inti kelapa sawit (*palm kernel oil*) yang dihasilkan dari inti buah yang sama. Minyak kelapa sawit juga berbeda dengan minyak kelapa yang dihasilkan dari inti buah kelapa (*Cocos nucifera*). Perbedaannya ada pada warna, dimana minyak inti sawit tidak memiliki karotenoid sehingga tidak berwarna merah. Selain itu *crude palm oil* memiliki perbedaan kadar lemak jenuh dibandingkan minyak inti kelapa sawit (Wikipedia, 2018). Kandungan lemak jenuh pada *crude palm oil* dapat dilihat pada Gambar II. 8.



Sumber: Wikipedia, 2018  
Gambar II. 8 Kandungan Lemak Jenuh *Crude Palm Oil*

### II.2.2. Pengangkutan *Crude Palm Oil* (CPO)

Model pengangkutan untuk hasil perkebunan kelapa sawit atau *crude palm oil* (CPO) ada dua macam, yaitu pengangkutan hasil perkebunan dalam bentuk padat (pengangkutan buah kelapa sawit) dan pengangkutan dalam bentuk cair (pengangkutan perasan hasil panen

kelapa sawit). Dimana yang digunakan sebagai objek penelitian dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah pengangkutan hasil perkebunan minyak kelapa sawit dalam bentuk cair. Berikut tahapan alur yang harus dilewati oleh minyak kelapa sawit tersebut dari perkebunan sampai pelabuhan hub (Hidayat, 2015):

1. Buah tandan dari pohon kelapa sawit dibawa dengan menggunakan truk menuju pabrik pengolahan tandan sawit menjadi minyak kelapa sawit atau *crude palm oil*. Proses pengangkutan dengan truk ini dapat dilihat pada Gambar II. 9.



Sumber: Validnews, 2017  
Gambar II. 9 Truk Tandan Sawit

2. Kemudian *crude palm oil* yang merupakan hasil akhir pengolahan pabrik tersebut dibawa oleh truk tangki ke pelabuhan atau *bulking station*. *Bulking station* adalah fasilitas penimbunan CPO yang terdiri dari beberapa tangki timbun yang tempatnya berada di dekat pelabuhan. *Bulking* bertujuan untuk mempermudah proses bongkar muat pengapalan CPO, mengefisienkan waktu dengan memperpendek waktu sandar kapal dan mengontrol kualitas mutu CPO sebelum dikapalkan menuju pabrik *refinery*. *Bulking station* ini dapat dilihat pada Gambar II. 10.



Sumber: Berita Satu, 2014  
Gambar II. 10 Tangki Timbun CPO

- Kemudian *crude palm oil* dari penyimpanan tersebut dipompa menuju kapal-kapal pengangkut CPO. Kapal-kapal yang biasanya digunakan untuk mengangkut CPO ini adalah kapal tanker atau tongkang (*barge*) yang ditarik dengan *tugboat* yang banyak digunakan dalam pengangkutan hasil perkebunan minyak kelapa sawit. Jenis pengangkutan CPO yang menggunakan *barge* yang ditarik *tugboat* dapat dilihat pada Gambar II. 11.



Sumber: Gregerleasing, 2018  
Gambar II. 11 *Barge dan Tugboat*

### II.2.3. Produksi dan Ekspor *Crude Palm Oil*

Indonesia merupakan negara penghasil dan eksportir minyak sawit (*palm oil*) terbesar dunia. Volume ekspor minyak sawit Indonesia pada tahun 2017 mencapai 28 juta ton. Malaysia di posisi kedua dengan volume ekspor mencapai 17,3 juta ton. Sedangkan, Guatemala (negara kecil di Amerika Tengah) berada diposisi ketiga dengan ekspor mencapai 700 ribu ton (Index Mundi, 2017). Data ini dapat dilihat pada Gambar II. 12.

Rank	Country	Exports (1000 MT)
1	<a href="#">Indonesia</a>	28,000.00
2	<a href="#">Malaysia</a>	17,300.00
3	<a href="#">Guatemala</a>	700.00
4	<a href="#">Colombia</a>	650.00
5	<a href="#">Benin</a>	580.00
6	<a href="#">Papua New Guinea</a>	550.00
7	<a href="#">Honduras</a>	335.00
8	<a href="#">Ecuador</a>	300.00
9	<a href="#">United Arab Emirates</a>	240.00
10	<a href="#">Côte D'ivoire</a>	170.00

Sumber: Index Mundi, 2017  
Gambar II. 12 Ekspor Minyak Kelapa Sawit Setiap Negara

Nilai ekspor minyak sawit Indonesia pada 2017 mencapai US\$ 22,97 miliar, naik 26% dibandingkan 2016 sebesar US\$ 18,22 miliar. Melonjaknya ekspor menyebabkan nilai sumbangan devisa minyak sawit ikut meningkat. Secara volume, ekspor minyak sawit Indonesia pada 2017 juga tercatat tumbuh 23,6% menjadi 31,05 juta ton dari 25,11 juta ton pada 2016, di luar ekspor *biodiesel* dan *oleochemical*. Peningkatan ekspor itu terjadi seiring dengan perluasan pasar ekspor non tradisional (Katadata, 2018).

Sawit merupakan salah satu produk unggulan perkebunan Indonesia dengan luas lahan kelapa sawit mencapai 11 juta hektar dengan produksi 32 juta ton. Hanya beberapa industri di Indonesia yang menunjukkan perkembangan secepat industri minyak kelapa sawit selama 20 tahun terakhir. Pertumbuhan ini tampak dalam jumlah produksi dan ekspor dari Indonesia dan juga dari pertumbuhan luas area perkebunan sawit. Didorong oleh permintaan global yang terus meningkat dan keuntungan yang juga naik, budidaya kelapa sawit telah ditingkatkan secara signifikan baik oleh petani kecil maupun para pengusaha besar di Indonesia (Indonesia Investments, 2017).

	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
<b>Produksi</b> (juta ton)	19.2	19.4	21.8	23.5	26.5	30.0	31.5	32.5	32.0
<b>Export</b> (juta ton)	15.1	17.1	17.1	17.6	18.2	22.4	21.7	26.4	27.0
<b>Export</b> (dollar AS)	15.6	10.0	16.4	20.2	21.6	20.6	21.1	18.6	18.6
<b>Luas Areal</b> (juta ha)	n.a.	n.a.	n.a.	n.a.	9.6	10.5	10.7	11.4	11.8

Sumber: Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI), 2017  
Gambar II. 13 Produksi dan Ekspor Minyak Kelapa Sawit Indonesia

Gambar II. 13 menunjukkan bahwa produksi kelapa sawit naik drastis selama satu dekade terakhir. Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (Gapki) menyatakan Indonesia bisa memproduksi paling tidak 40 juta ton kelapa sawit per tahun mulai dari tahun 2020.

Industri perkebunan dan pengolahan sawit adalah industri kunci bagi perekonomian Indonesia: Ekspor minyak kelapa sawit adalah penghasil devisa yang penting dan industri ini memberikan kesempatan kerja bagi jutaan orang Indonesia. Dalam hal pertanian, minyak

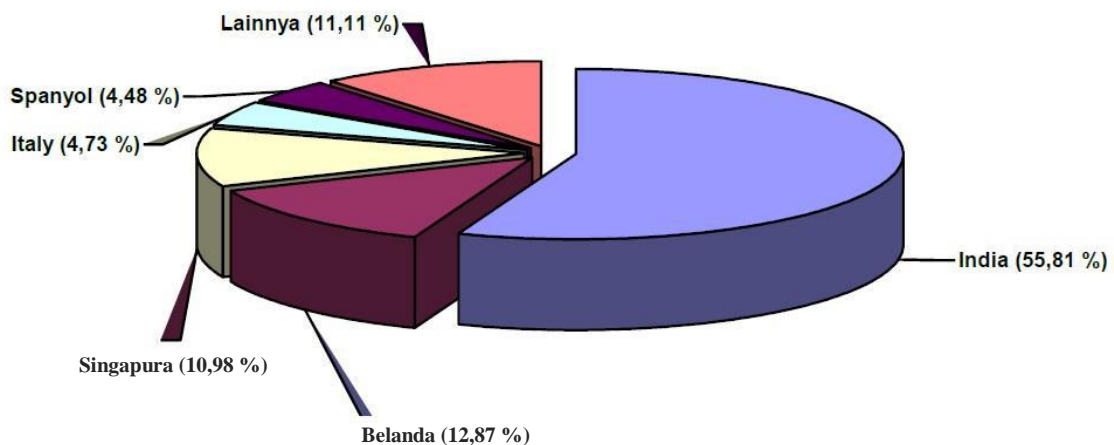
sawit merupakan industri terpenting di Indonesia yang menyumbang di antara 1,5 - 2,5 persen terhadap total produk domestik bruto (PDB). Hampir 70% perkebunan kelapa sawit terletak di Sumatra, tempat industri ini dimulai sejak masa kolonial Belanda. Sebagian besar dari sisanya, sekitar 30% berada di pulau Kalimantan. Dalam hal geografi, Riau adalah produsen minyak sawit terbesar di Indonesia, disusul oleh Sumatera Utara, Kalimantan Tengah, Sumatera Selatan, dan Kalimantan Barat.

Menurut data dari Badan Pusat Statistik (BPS), jumlah total luas area perkebunan sawit di Indonesia pada tahun 2016 mencapai sekitar 11.9 juta hektar; hampir tiga kali lipat dari luas area di tahun 2000 yaitu sekitar 4 juta hektar. Jumlah ini diduga akan bertambah menjadi 13 juta hektar pada tahun 2020.

Badan Usaha Milik Negara (BUMN) memainkan peran yang sangat sederhana di sektor kelapa sawit Indonesia karena mereka memiliki perkebunan yang relatif sedikit, sementara perusahaan-perusahaan swasta besar (misalnya, Wilmar Group dan Sinar Mas Group) dominan karena menghasilkan sedikit lebih dari setengah dari total produksi minyak sawit di Indonesia. Para petani skala kecil memproduksi sekitar 40 persen dari total produksi Indonesia. Namun kebanyakan petani kecil ini sangat rentan keadaannya apabila terjadi penurunan harga minyak kelapa sawit dunia karena mereka tidak dapat menikmati cadangan uang tunai (atau pinjaman bank) seperti yang dinikmati perusahaan besar (Indonesia Investments, 2017).

Produksi minyak kelapa sawit Indonesia sebagian besar diekspor ke mancanegara dan sisanya dipasarkan di dalam negeri. Ekspor minyak kelapa sawit Indonesia menjangkau lima benua yaitu Asia, Afrika, Australia, Amerika, dan Eropa dengan pangsa utama di Asia. Pada tahun 2016, lima besar negara pengimpor CPO Indonesia adalah India, Belanda, Singapura, Itali, dan Spanyol. Volume ekspor ke India mencapai 2,94 juta ton atau 55,81 persen dari total volume ekspor CPO Indonesia dengan nilai US\$ 1,8 milyar. Peringkat kedua adalah Belanda, dengan volume ekspor sebesar 0,68 juta ton atau 12,87 persen dari total volume CPO Indonesia dengan nilai US\$ 0,68 milyar. Peringkat ketiga adalah Singapura, dengan volume ekspor sebesar 0,58 juta ton atau 10,98 persen dari total volume ekspor CPO Indonesia dengan nilai US\$ 359,8 juta. Peringkat keempat adalah Italia dengan volume ekspor 0.25 juta ton atau sekitar 4,73 persen dari total volume ekspor CPO Indonesia dengan nilai US\$ 150,4 juta. Peringkat kelima adalah Spanyol dengan volume ekspor 0,23 juta ton atau 4,48 persen dari total volume ekspor CPO dengan nilai US\$ 1 juta (Badan Pusat Statistik, 2016). Data ini ditunjukkan pada Gambar II. 14.





Sumber: Badan Pusat Statistik, 2016

Gambar II. 14 Perbandingan Volume Ekspor CPO Menurut Negara Tujuan Tahun 2016

#### II.2.4. Kota Dumai dan Pelabuhan Dumai

Kota Dumai adalah sebuah kota di Provinsi Riau, Indonesia, terletak sekitar 188 km dari Kota Pekanbaru. Dumai adalah kota dengan wilayah administrasi terluas ketiga di Indonesia, setelah Kota Palangka Raya dan Kota Tidore Kepulauan. Kota ini berawal dari sebuah dusun kecil di pesisir timur Provinsi Riau. Kota Dumai merupakan hasil pemekaran dari Kabupaten Bengkalis. Kota Dumai diresmikan sebagai kota pada tanggal 20 April 1999 melalui UU No. 16 tahun 1999 setelah sebelumnya sempat menjadi kota administratif (kotif) di dalam Kabupaten Bengkalis. Pada awal pembentukannya, Kota Dumai hanya terdiri atas 3 kecamatan, 13 kelurahan dan 9 desa dengan jumlah penduduk hanya 15.699 jiwa dengan tingkat kepadatan 83,85 jiwa/km<sup>2</sup> (Wikipedia, 2018).

Penduduk Kota Dumai pada Tahun 2010 berjumlah 253.803 jiwa yang terdiri atas 131.465 jiwa laki-laki dan 305.338 jiwa perempuan. Kepadatan penduduk pada tahun tersebut ialah 178.00 jiwa/km<sup>2</sup> dengan laju pertumbuhan penduduk berkisar 3,51 persen/tahun. Rata-rata ketinggian Kota Dumai adalah 3 meter di atas muka laut. Wilayah Kota Dumai beriklim tropis dengan curah hujan antara 100-300 cm dan suhu udara 24-30 °C dengan kondisi tanah rawa bergambut. Sebagian Kota Dumai terdiri dari dataran rendah di bagian utara dan di sebelah selatan adalah dataran tinggi. Kondisi tanahnya mayoritas berupa tanah rawa yang bergambut dengan kedalaman antara 0-0,5 m. Struktur tanah umumnya terdiri dari tanah podsolik merah kuning dari batuan endapan, alluvial dan tanah organosol dan gley humus dalam bentuk rawa-rawa atau tanah basah. Terdapat 15 sungai di wilayah Dumai. Sungai-sungai tersebut dapat dilayari kapal pompong, sampan dan perahu sampai jauh ke hulu sungai (Wikipedia, 2018). Peta Lokasi Kota Dumai dapat dilihat pada Gambar II. 15.



Sumber: Wikipedia, 2018

Gambar II. 15 Peta Lokasi Kota Dumai

Salah satu pelabuhan ekspor minyak kelapa sawit yang ada di kota Dumai adalah Pelabuhan Dumai. Operator dari Pelabuhan Dumai ini ialah Pelabuhan Indonesia I. Pelabuhan Dumai merupakan pelabuhan ekspor komoditas kelapa sawit terbesar di Pulau Sumatera. Pelabuhan Dumai melayani ekspor *crude palm oil* (CPO) hingga enam juta ton per tahun, jauh lebih besar dibandingkan Pelabuhan Belawan di Provinsi Sumatera Utara yang melayani sekitar 3,5 juta ton per tahun. Pelabuhan Pelindo I Dumai memiliki tiga dermaga, antara lain Dermaga A sepanjang 350 meter untuk *general cargo* dan pelabuhan penumpang. Dermaga B sepanjang 500 meter untuk *loading* curah cair dan angkut CPO, dan Dermaga C sepanjang 400 meter selain untuk kapal kontainer juga untuk komoditi curah kering. Pelabuhan Dumai ini dapat dilihat pada Gambar II. 16.



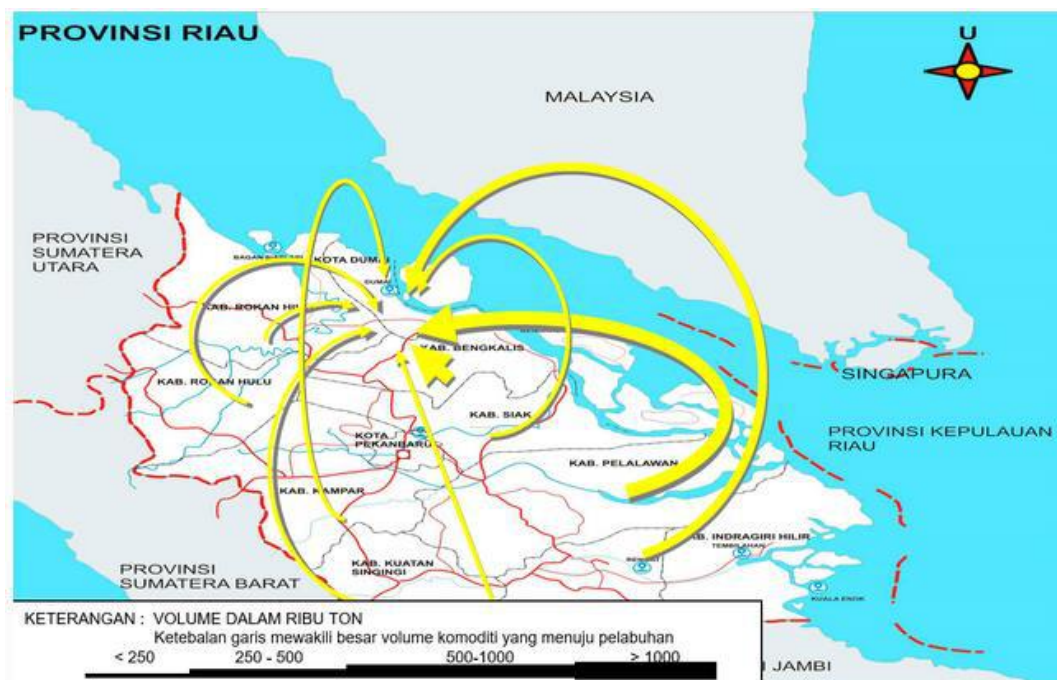
Sumber: Okezone, 2017

Gambar II. 16 Pelabuhan Dumai

Pada tahun 2018 Pelabuhan Dumai melalui PT Pelindo I (Persero) melakukan investasi cukup besar pada peningkatan fasilitas pelabuhan curah cair untuk minyak kelapa sawit mentah atau CPO. Fasilitas *loading point* curah cair akan dilakukan penambahan, dari semula hanya mampu memompa 200-300 ton per jam akan terus ditingkatkan menjadi 500 ton per jam.

Pelabuhan Dumai merupakan salah satu dari tiga rute prioritas *ASEAN Roro Connectivity* sebagaimana yang diamanatkan dalam *Master Plan on ASEAN Connectivity*. Adapun ketiga rute kapal ASEAN Ro-Ro yaitu Dumai (Indonesia)-Malaka (Malaysia), Belawan-Penang (Malaysia)-Phuket (Thailand), dan Bitung-Davao/General Santos (Filipina) (Pelindo I, 2017).

*Crude palm oil* (CPO) yang di kirim ke pelabuhan Dumai berasal dari berbagai daerah di Riau. CPO tersebut dikirim menggunakan truk tangki (melalui jalur darat) atau menggunakan kapal (melalui jalur sungai) dari pabrik-pabrik pengolahan CPO menuju *bulking station* di Pelabuhan Dumai. CPO ini berasal dari berbagai kabupaten/kota, diantaranya ialah Kabupaten Rokan Hulu, Kabupaten Rokan Hilir, Kabupaten Indragiri Hilir, Kabupaten Siak, Kabupaten Pelalawan, Kabupaten Kampar, dan Kabupaten Bengkalis. Peta distribusi CPO di Provinsi Riau yang melalui Pelabuhan Dumai dapat dilihat pada Gambar II. 17.



Sumber: Pelindo I, 2018

Gambar II. 17 Peta Distribusi CPO di Provinsi Riau yang Melalui Pelabuhan Dumai

*Crude palm oil* dari pelabuhan Dumai diekspor ke berbagai negara, salah satunya adalah Singapura. CPO tersebut diekspor ke Singapura untuk dilakukan proses pengolahan lebih lanjut di pabrik pengolahan minyak kelapa sawit agar dapat menjadi produk jadi yang dapat digunakan secara langsung maupun diekspor kembali ke negara lain.

## II.2.5. Singapura dan Pelabuhan Singapura

Singapura adalah sebuah negara pulau di lepas ujung selatan Semenanjung Malaya, 137 kilometer (85 mil) di utara khatulistiwa di Asia Tenggara. Negara ini terpisah dari Malaysia oleh Selat Johor di utara, dan dari Kepulauan Riau, Indonesia oleh Selat Singapura di selatan. Singapura adalah pusat keuangan terdepan ketiga di dunia dan sebuah kota dunia kosmopolitan yang memainkan peran penting dalam perdagangan dan keuangan internasional. Pelabuhan Singapura adalah satu dari lima pelabuhan tersibuk di dunia.

Singapura terdiri dari 63 pulau, termasuk daratan Singapura. Pulau utama sering disebut Pulau Singapura tetapi secara resmi disebut Pulau Ujong (Melayu: berarti pulau di ujung daratan (semenanjung)). Terdapat dua jembatan buatan menuju Johor, Malaysia: Johor–Singapore Causeway di utara, dan Tuas Second Link di barat. Pulau Jurong, Pulau Tekong, Pulau Ubin dan Pulau Sentosa adalah yang terbesar dari beberapa pulau kecil di Singapura. Titik alami tertinggi adalah Bukit Timah Hill dengan tinggi 166 m (545 ft) (Wikipedia, 2018). Peta Singapura dapat dilihat pada Gambar II. 18



Sumber: Wikipedia, 2018  
Gambar II. 18 Peta Singapura

Dalam sistem klasifikasi iklim Köppen, Singapura memiliki iklim tropik khatulistiwa tanpa musim yang nyata berbeda, kesamaan suhu, kelembapan tinggi, dan curah hujan yang melimpah. Suhu berkisar antara 22 hingga 34 °C (71,6 hingga 93,2 °F). Rata-rata kelembapan relatif berkisar antara 90% di pagi hari dan 60% di sore hari. Pada cuaca hujan yang berkepanjangan, kelembapan relatif dapat mencapai 100%. Suhu terendah dan tertinggi yang tercatat dalam sejarah maritim Singapura adalah 19,4 °C (66,9 °F) dan 35,8 °C (96,4 °F) (Wikipedia, 2018). Data iklim di Singapura dapat dilihat pada Gambar II. 19.

Climate data for Singapore													[hide]
Month	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Year
Record high °C (°F)	35.2 (95.4)	35.2 (95.4)	36.0 (96.8)	35.8 (96.4)	35.4 (95.7)	35.0 (95)	34.0 (93.2)	34.2 (93.6)	34.4 (93.9)	34.6 (94.3)	34.2 (93.6)	33.8 (92.8)	36.0 (96.8)
Average high °C (°F)	30.4 (86.7)	31.7 (89.1)	32.0 (89.6)	32.3 (90.1)	32.2 (90)	32.0 (89.6)	31.3 (88.3)	31.4 (88.5)	31.4 (88.5)	31.7 (89.1)	31.1 (88)	30.2 (86.4)	31.5 (88.7)
Daily mean °C (°F)	26.5 (79.7)	27.1 (80.8)	27.5 (81.5)	28.0 (82.4)	28.3 (82.9)	28.3 (82.9)	27.9 (82.2)	27.9 (82.2)	27.6 (81.7)	27.6 (81.7)	27.0 (80.6)	26.4 (79.5)	27.5 (81.5)
Average low °C (°F)	23.9 (75)	24.3 (75.7)	24.6 (76.3)	25.0 (77)	25.4 (77.7)	25.4 (77.7)	25.0 (77)	25.0 (77)	24.8 (76.6)	24.7 (76.5)	24.3 (75.7)	24.0 (75.2)	24.7 (76.5)
Record low °C (°F)	19.4 (66.9)	19.7 (67.5)	20.2 (68.4)	20.7 (69.3)	21.2 (70.2)	20.8 (69.4)	19.7 (67.5)	20.2 (68.4)	20.7 (69.3)	20.6 (69.1)	21.1 (70)	20.6 (69.1)	19.4 (66.9)
Average rainfall mm (inches)	234.6 (9.236)	112.8 (4.441)	170.3 (6.705)	154.8 (6.094)	171.2 (6.74)	130.7 (5.146)	154.4 (6.079)	148.9 (5.862)	156.5 (6.161)	154.6 (6.087)	258.5 (10.177)	318.6 (12.543)	2,165.9 (85.271)
Average rainy days	13	8	13	14	14	12	14	14	13	15	18	18	166
Average relative humidity (%)	84.4	82.0	83.4	84.1	83.5	81.9	82.3	82.2	82.7	83.1	85.7	86.5	83.5
Mean monthly sunshine hours	172.4	183.2	192.7	173.6	179.8	177.7	187.9	180.6	156.2	155.2	129.6	133.5	2,022.4
Source #1: National Environment Agency (climatological reference period: 1981–2010; records: temp. 1929–2017, rainfall 1869–2017, humidity 1929–2017, rain days 1891–2017) <sup>[192]</sup>													
Source #2: NOAA (sun only, 1961–1990) <sup>[193]</sup>													

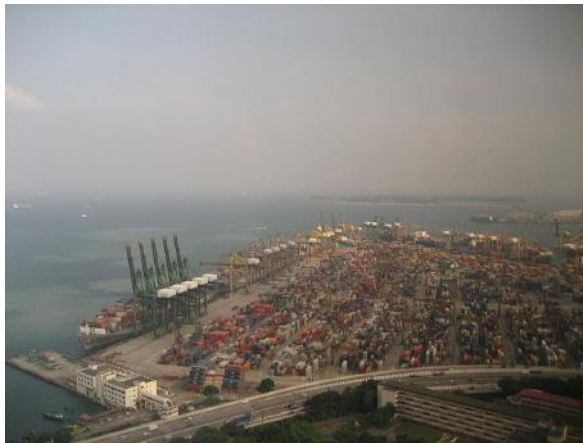
Sumber: Wikipedia, 2018  
Gambar II. 19 Data Iklim Singapura

Pelabuhan Singapura (*Port of Singapore*) mengacu pada kumpulan fasilitas dan terminal yang melakukan fungsi penanganan perdagangan maritim di pelabuhan dan yang menangani perkapalan Singapura. Pelabuhan ini digolongkan sebagai *top maritime capital of the world* sejak 2015. Saat ini, pelabuhan ini adalah pelabuhan tersibuk kedua di dunia dalam hal *shipping tonnage*. Pelabuhan ini melakukan seperlima transfer peti kemas antar-kapal dunia, setengah dari pasokan tahunan minyak mentah dunia, dan merupakan pelabuhan *transshipment* tersibuk di dunia. Pelabuhan ini juga tersibuk dalam hal total tonase kargo yang ditangani sampai dengan tahun 2005, ketika dikalahkan oleh Pelabuhan Shanghai. Ribuan kapal menurunkan jangkar di pelabuhan ini, yang menghubungkan pelabuhan ke lebih dari 600 pelabuhan lain di 123 negara dan tersebar di enam benua.

Pelabuhan Singapura tidak hanya menguntungkan secara ekonomis, tetapi merupakan kebutuhan ekonomi karena Singapura tidak mencukupi dalam hal sumber daya tanah dan alam. Pelabuhan ini penting untuk mengimpor sumber daya alam, dan kemudian diekspor



setelah produknya telah diproses dengan beberapa cara, misalnya *wafer fabrication* atau *oil refining* untuk menghasilkan pendapatan. Dalam industri jasa, pelabuhan ini juga menyediakan jasa perhotelan dan mengisi kembali persediaan makanan dan air pada kapal. Kapal-kapal yang lewat di antara Samudra Hindia dan Samudra Pasifik biasanya melewati Selat Singapura karena Selat Johor di utara negara itu tidak dapat dilalui kapal karena adanya Jalan Penghubung Johor-Singapura yang dibangun pada tahun 1923, menghubungkan kota Woodlands, Singapura ke Johor Bahru di Malaysia. (Wikipedia, 2018). Pelabuhan Singapura ini dapat dilihat pada Gambar II. 20.



Sumber: Wikipedia, 2018  
Gambar II. 20 *Port of Singapore*

Pelabuhan Singapura terdiri terminal yang terletak di Tanjong Pagar, Keppel, Brani, Pasir Panjang, Sembawang dan Jurong. Terminal-terminal ini dapat menampung semua jenis kapal, termasuk *container ships*, *bulk carries*, *ro-ro ships*, *cargo freighters*, *coasters* dan *lighters*. Terminal-terminal tersebut dikelola oleh dua operator pelabuhan komersial yaitu Terminal PSA Singapura, yang mengelola bagian terbesar penanganan kontainer di Singapura dan Jurong Port Pte Ltd, yang merupakan operator terminal kargo curah dan kargo utama Singapura. (Maritime and Port Authority of Singapore, 2018)

- PSA Singapore

Terminal PSA Singapore mengoperasikan empat terminal kontainer dengan total 52 tempat berlabuh (*berth*) di Tanjong Pagar, Keppel, Brani, dan Pasir Panjang sebagai satu fasilitas yang mulus dan terintegrasi. Terminal terbarunya, Pasir Panjang Terminal (PPT), dapat menangani kapal kontainer besar sebanyak 13.000 TEUs atau lebih dengan *quay cranes* yang dapat menjangkau 22 baris kontainer. *Remote controlled bridge cranes* memungkinkan setiap operator menangani hingga enam *crane*.

Terminal PSA Singapore juga mengoperasikan terminal mobil khusus di PPT dan dengan cepat menjadi hub *transshipment* kendaraan untuk wilayah tersebut, menangani sekitar satu juta kendaraan setiap tahun. Pada bulan Januari 2009, terminal mobil khusus pertama di Singapura, Asia Automobile Terminal (Singapura), mulai beroperasi. Ini adalah usaha patungan dari Terminal PSA Singapore, NYK dan "K" Line. (Maritime and Port Authority of Singapore, 2018). Fasilitas *container* PSA Singapore ialah sebagai berikut (Wikipedia, 2018):

- Tempat berlabuh kontainer : 52
- Panjang dermaga : 15,500 m
- Luas : 600 ha
- *Draft* maksimum : 16 m
- *Crane* dermaga : 190
- Kapasitas : 35,000 kTEU

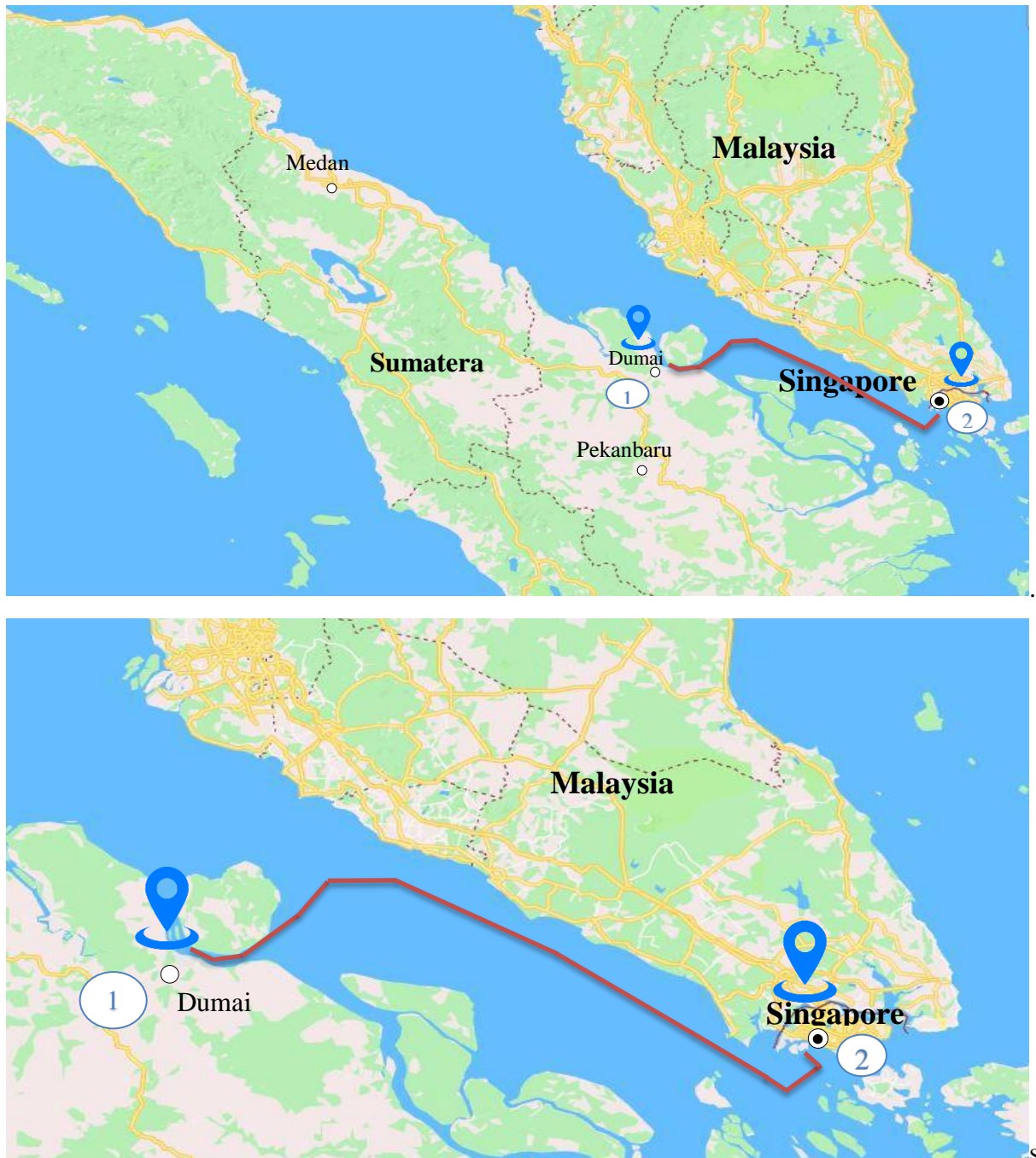
- Jurong Port

Jurong Port adalah operator pelabuhan *multipurpose* internasional yang mengoperasikan *general cargo terminal*, *bulk cargo terminal*, *container terminal*, *penjuru terminal* dan *Marina South Wharves* untuk *lighter services*, dan sebuah *small craft terminal* dan *mechanical ramps* untuk *roll-on roll-off landing crafts*. Pelabuhan ini menerima lebih dari 40.000 panggilan kapal setiap tahun. Jurong Port menangani sekitar 17,33 juta ton dan 320.000 (TEU)s kontainer pada tahun 2014. Fasilitas pelabuhannya adalah sebagai berikut (Wikipedia, 2018):

- Luas : 155 ha
- Luas dalam *Free Trade Zone* (FTZ) : 127 ha
- Panjang dermaga : 5.6 km
- Tempat berlabuh : 30 + 2 *Roll-on Roll-off mechanical ramps*
- *Draft* maksimum : 15.7 m
- Ukuran kapal maksimum : 150,000 DWT
- Gudang FTZ : 178,000 m<sup>2</sup>
- Gudang non-FTZ : 15,000 m<sup>2</sup>

## II.2.6. Rute Pelayaran

*Crude palm oil* yang disuplai dari berbagai pabrik penghasil CPO ke Pelabuhan Dumai akan dikirim ke Singapura, tepatnya ke Pelabuhan Jurong (Jurong Port). Dimana Jurong Port merupakan pelabuhan *multipurpose* Singapura yang menangani muatan curah cair (*liquid bulk*). Rute pelayaran pengangkutan CPO dari Dumai ke Singapura ini dapat dilihat pada Gambar II. 21



Sumber: Google Maps, 2018  
Gambar II. 21 Rute Pelayaran



Gambar II. 21 merupakan rute pelayaran dari Dumai ke Singapura. Melalui website [www.scroutes.com](http://www.scroutes.com) dapat diketahui bahwa jarak pelayaran laur dari pelabuhan Dumai ke Jurong Port ialah sebesar 176 *Nautical miles*, atau setara dengan 325,925 Km. Dari website Pelindo 1 didapatkan kedalaman Pelabuhan Dumai ialah sebesar 6-9 m (Pelindo 1, 2017), sedangkan kedalaman maksimum Jurong Port ialah 15,7 m sesuai dengan studi literatur pada subbab II.2.5.

### II.2.7. Tongkang

Tongkang (*barge*) merupakan salah satu kapal yang didesain dengan bentuk lambung dan bagian bawah yang datar. Pada umumnya tongkang dibangun untuk perairan sungai atau danau (*inland waterway*) maupun terusan (*canal*). Pada awal perkembangannya, tongkang didesain tanpa penggerak sendiri, sehingga tongkang harus ditarik dengan kapal *tugboat* (Anam, 2015). Tongkang (*barge*) dapat dilihat pada Gambar II. 22.



Sumber: Indowalk, 2018  
Gambar II. 22 Tongkang Konvensional

Secara umum tongkang dibedakan menjadi dua macam berdasarkan cara membawa muatan, yaitu tongkang yang membawa muatan di dalam palkah dan tongkang yang membawa muatan di atas palkah.

a. Tongkang yang membawa muatan di dalam palkah

Tongkang yang mengangkut muatan di dalam ruang muat/palkah memiliki lambung yang lebih tinggi dibandingkan dengan *deck barge*. Berikut ini adalah beberapa contoh tongkang yang muatan di dalam palkah.

- Tongkang pengangkut minyak (*Oil Barge*)

Tongkang ini mempunyai pompa-pompa untuk melakukan bongkar muat sendiri. Jenis tongkang pengangkut minyak (*oil barge*) ini dapat dilihat pada Gambar II. 23.



Sumber: bcrita, 2018

Gambar II. 23 Tongkang Pengangkut Minyak (*Oil Barge*)

- Tongkang pengangkut cairan kimia (*Chemical Barge*)

Adalah tongkang yang membawa cairan kimia, seperti *ethanol*, *asam sulfide*, *methanol*, dan lainnya. Tongkang pengangkut cairan kimia (*chemical Barge*) ini dapat dilihat pada Gambar II. 24.



Sumber: Silverburn, 2018

Gambar II. 24 Tongkang Pengangkut Cairan Kimia (*Chemical Barge*)

- b. Tongkang yang membawa muatan di atas palkah

Tipe tongkang ini memiliki karakteristik peletakan muatan di atas *deck*. Tipe tongkang seperti ini antara lain:

- Tongkang pengangkut batubara

Tongkang ini memiliki tambahan *side board* di atas geladak, karena mengangkut batubara maka *side board* ini berfungsi sebagai dinding untuk

menahan muatan agar tetap di atas tongkang. Jenis tongkang ini dapat dilihat pada Gambar II. 25.



Sumber: bcrita, 2018

Gambar II. 25 Tongkang Pengangkut Batubara (*Coal Barge*)

- Tongkang pengangkut petikemas

Tongkang petikemas tidak mempunyai *side board*, tetapi supaya muatannya aman maka dilakukan sistem pengikatan seperti umumnya pada kapal petikemas. Jenis tongkang pengangkut petikemas ini dapat dilihat pada Gambar II. 26.



Sumber: Container News, 2018

Gambar II. 26 Tongkang Pengangkut Kontainer (*Container Barge*)

### II.2.8. Tongkang Dengan Sistem Penggerak Sendiri (*Self-Propelled Barge*)

Dalam dunia maritim, tongkang merupakan pilihan untuk alat transportasi sungai karena kelebihanannya memiliki ukuran sarat yang sangat rendah. Tongkang dapat mengangkat barang dalam jumlah yang sangat besar, dan biaya investasi/pembangunannya yang sangat murah dibandingkan dengan kapal yang mempunyai fungsi sama. Namun perkembangannya tongkang dengan mekanisme ditarik dengan *tugboat* memiliki banyak kekurangan dalam pengoperasiannya, yaitu dapat terbalik apabila berlayar dalam keadaan gelombang tinggi

akibat dari merenggangnya tali yang menghubungkan antara kapal tunda dan kapal tongkang tersebut. Kelemahan lainnya ialah kapal tongkang yang ditarik dengan *tugboat* memiliki kemampuan manuver yang kurang baik sehingga dapat mengakibatkan tabrakan dengan kapal atau tongkang lainnya. Selain itu daya mesin yang dibutuhkan kapal tunda untuk menarik kapal tongkang terbilang besar, untuk itu dibutuhkan mesin penggerak sendiri untuk menambah efisiensi dalam sektor operasi. Salah satu inovasi untuk mengatasi hal itu, yaitu dengan adanya tongkang dengan sistem penggerak sendiri (*self-propelled barge*).

Secara umum dapat digambarkan bahwa *Self Propelled Barge (SPB)* adalah kapal yang mempunyai bentuk seperti tongkang namun menggunakan tenaga pendorong sendiri. Apabila dibandingkan dengan biaya pembangunan kapal pada umumnya terlebih dengan kapal *bulk carier*, SPB mempunyai biaya pembangunan yang lebih rendah 1/3 kali dari kapal *bulk carier*, sehingga dapat disimpulkan pula bahwa biaya operasional SPB lebih rendah dibandingkan dengan kapal *bulk carier*. Adapun karakter dari tongkang yang menggunakan sistem penggerak sendiri dari segi operasional adalah sebagai berikut (Anam, 2015).

- Dapat digunakan di perairan dangkal (kedalaman 3 m-8 m)
- Dapat digunakan di perairan dengan arus yang kuat (5-6 knot)
- Dapat digunakan pada perairan dengan alur yang ekstrim (wilayah kepulauan)
- Mampu menghadapi *air draft restriction* (jembatan melintang)
- Mampu menghadapi *water debris* (lumpur, sampah, dll)
- Mampu menghadapi dasar sungai atau laut yang berbatuan
- Kemampuan jarak tempuh yang relatif jauh

Adapun perbandingan karakteristik dari *self-propelled barge* dengan tongkang konvensional yang ditarik *tugboat* dapat dilihat pada Tabel II. 2 (Buana, 2018).

Tabel II. 2 Perbandingan Karakteristik *Self-Propelled Barge* dengan *Tug Boat* dan *Barge*

<b>Keterangan</b>	<b><i>Tugboat &amp; Barge</i></b>	<b><i>Self-Propelled Barge</i></b>
Bentuk badan ( <i>Hull Form</i> )	Bentuk haluan kotak sehingga tahanan yang ditimbulkan tinggi	Bentuk haluan <i>round</i> sehingga tahanan yang ditimbulkan lebih kecil dari tongkang konvensional. Hal ini menyebabkan waktu tempuh ( <i>sea time</i> ) lebih singkat.
Kemampuan berhenti dari tabrakan ( <i>Crash Stop</i> )	Sepenuhnya tergantung dari kemampuan kapal tunda, sehingga membutuhkan waktu yang lama untuk mengkondisikan agar	Dapat melakukan dengan propulsinya sendiri

	tongkang tidak menabrak kapal tunda	
Kecepatan berlayar ( <i>Running Course</i> )	Pertambahan kecepatan kapal penarik ( <i>Tug Boat</i> ) membutuhkan waktu yang lama agar kondisi tongkang tidak berayun yang dapat menimbulkan bahaya	Sepenuhnya dapat mengatur kecepatannya sendiri
Tali penarik ( <i>Tow Line Connection</i> )	Membutuhkan waktu rata-rata 20-30 menit untuk menyambungkan dan melepaskan tali penghubung antara kapal tunda dengan tongkang	Tidak dibutuhkan tali penghubung
Sarat ( <i>Draft</i> )	Kapal penarik ( <i>Tug Boat</i> ) memerlukan sarat yang lebih tinggi dari tongkang	Tongkang propulsi mandiri mempunyai sarat yang rendah ( <i>shallow draft</i> ) sama dengan sarat tongkang konvensional
Stabilitas ( <i>Stability</i> )	Tidak mempunyai sistem <i>ballast</i> , stabilitas tergantung tarikan <i>tug boat</i>	Mempunyai sistem <i>ballast</i> sehingga stabilitas tongkang lebih baik
Kemampuan maneuver ( <i>Maneuverability</i> )	Kemampuan maneuver rendah, karena harus mengkondisikan tali penarik antara kapal tunda dengan tongkang agar tongkang dapat bermanuver dengan aman	Kemampuan maneuver tinggi karena dapat mengatur kecepatan melalui alat propulsinya sendiri
Propulsi ( <i>Propulsion</i> )	Tidak mempunyai mesin dan alat propulsi sehingga investasi lebih rendah	Investasi tongkang ini lebih mahal karena mempunyai mesin dan alat propulsi sendiri

## II.2.9. MARPOL ANNEX VI

Regulasi yang mengatur tentang masalah polusi yang dihasilkan oleh kapal yaitu MARPOL 73/78 oleh *International Maritime Organization* (IMO). MARPOL 73/78 merupakan regulasi yang bertujuan untuk mencegah atau mengurangi timbulnya polusi yang dihasilkan oleh kapal. Dalam MARPOL 73/78 terdapat ANNEX VI yang mengatur tentang pencegahan dari polusi udara yang dihasilkan kapal. Regulasi dalam ANNEX VI ini secara umum mengatur tentang (International Maritime Organization, 1978):

- Penentuan batas dari emisi NO<sub>x</sub>, SO<sub>x</sub> dan *Particulate Matter* (PM dari kapal);
- Pelarangan emisi *Ozone Depleting Substances* (ODS).

### **II.2.10. IGF Code**

Tujuan dari *International Code of Safety for Ships using Gases or other Low-flashpoint Fuels* (IGF Code) adalah untuk memberikan standar internasional untuk kapal, selain kapal yang dicakup oleh *IGC Code* yang beroperasi dengan gas atau cairan *flashpoint* rendah sebagai bahan bakar. Filosofi dasar dari *code* ini adalah untuk menyediakan kriteria wajib untuk pengaturan dan pemasangan mesin, peralatan dan sistem untuk kapal yang beroperasi dengan gas atau *low-flashpoint liquids* sebagai bahan bakar untuk meminimalkan risiko terhadap kapal, awak kapal dan lingkungannya, dengan memperhatikan sifat bahan bakar yang terlibat.

*Code* ini membahas semua area yang memerlukan pertimbangan khusus untuk penggunaan gas atau cairan *flashpoint* rendah sebagai bahan bakar. Filosofi dasar dari IGF Code mempertimbangkan pendekatan berbasis tujuan. Oleh karena itu, tujuan dan persyaratan fungsional ditetapkan untuk setiap bagian yang membentuk dasar untuk desain, konstruksi dan operasi.

Dalam hal ini tujuan dari *Code* ini adalah untuk menyediakan kriteria untuk pengaturan dan pemasangan mesin untuk tujuan propulsi dan tambahan, menggunakan gas alam sebagai bahan bakar, yang akan memiliki tingkat integritas yang setara dalam hal keamanan, keandalan dan keandalan seperti yang dapat dicapai dengan mesin utama dan tambahan berbahan bakar minyak konvensional yang baru dan sebanding. (International Maritime Organization, 2015)

### **II.2.11. Sistem Permesinan Dual Fuel**

Mesin *dual fuel* beroperasi menggunakan *Liquefied Natural Gas (LNG)* dan *marine diesel fuel oil (MDO/MDF)* secara bersamaan. Pada proses pembakaran, sebagian besar bahan bakar yang terbakar adalah gas alam dan bahan bakar solar yang memiliki fungsi sebagai *pilot fuel* atau pemantik saat dimulainya proses pembakaran.

Penggunaan bahan bakar solar dapat mempertahankan rasio kompresi dan efisiensinya. Sedangkan gas alam di sini berkontribusi untuk meneruskan pembakaran yang terjadi secara terus menerus sehingga menghemat konsumsi bahan bakar minyak dan mengurangi emisi hasil gas buang. Pada mesin *dual fuel*, ketika berjalan di mode gas, mesin *dual fuel* bertindak sesuai dengan prinsip *Otto*, saat gas dicampur dengan udara sebelum mulai kompresi, tekanan gas sekitar 5 bar. Tekanan gas ini dalam kisaran yang sama dengan tekanan gas pada instalasi turbin uap. Dekat dengan pusat *topdead*, bahan bakar minyak disuntikkan dalam jumlah yang

sangat kecil untuk memicu pengapian. Selain berjalan di gas, mesin *dual fuel* juga dapat berjalan dengan bahan bakar minyak konvensional (*MDO, HFO*). Ketika berjalan dengan bahan bakar minyak saja, mesin *dual fuel* bertindak sebagai mesin diesel normal. Sistem berbahan bakar ganda ini memiliki hasil pembakaran yang bersih sehingga emisi yang dihasilkan menjadi lebih berkurang. Dengan begitu, penerapan sistem berbahan bakar ganda mampu menghemat pengeluaran konsumsi bahan bakar serta mengurangi emisi gas buang yang dihasilkan oleh mesin dengan sistem berbahan bakar tunggal (Ariana, 2013).

Halaman ini sengaja dikosongkan



# **BAB III METODOLOGI**

## **III.1. Pendahuluan**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini digunakan beberapa langkah-langkah dalam pengerjaannya yaitu identifikasi masalah, studi literatur, pengumpulan data, penentuan ukuran utama awal, proses optimisasi & analisis teknis, desain rencana garis, desain rencana umum, desain model 3D, dan yang terakhir adalah analisis ekonomis.

## **III.2. Proses Pengerjaan**

### **III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah**

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Potensi produksi dan ekspor *crude palm oil* Indonesia yang terbesar di dunia.
2. Peraturan Menteri Perdagangan (Permendag) Nomor 82/2017 yang mewajibkan penggunaan angkutan laut milik perusahaan pelayaran nasional untuk pengangkutan ekspor *crude palm oil*.
3. Penggunaan tongkang yang ditarik *tugboat* sebagai pengangkut CPO yang dinilai kurang aman serta memiliki kualitas yang kurang baik.
4. Penggunaan *dual fuel (marine diesel oil dan LNG)* yang mulai dikembangkan di dunia dan dapat mengurangi kandungan emisi bahan bakar.

### **III.2.2. Tahap Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini, bisa dalam bentuk hasil penelitian sebelumnya agar bisa lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan diantaranya:

- *Self-propelled barge*

Literatur mengenai *self-propelled barge* diperlukan karena merupakan pokok pikiran dari tugas akhir ini. Perlu diketahui karakteristik dan kelebihan *self-propelled barge* dibandingkan kapal sejenis lainnya.

- *Crude palm oil* (CPO)
 

Data yang ingin diperoleh adalah data mengenai karakteristik CPO meliputi komposisi kimia dan massa jenis. Hal ini berguna untuk dalam penentuan ruang muat pada *self-propelled barge*.
- Cara kerja LNG sebagai bahan bakar
 

Perlu untuk diketahui bagaimana proses gas alam cair bisa digunakan sebagai bahan bakar pengganti BBM untuk menggerakkan sistem propulsi kapal. Sehingga dapat ditentukan besar kebutuhan dari LNG yang akan digunakan pada kapal.
- Metode desain kapal
 

Ada beberapa metode dalam proses mendesain kapal yang perlu diketahui dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode mana yang sesuai.

### III.2.3. Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Data yang dikumpulkan ialah:

- Data ekspor komoditas *crude palm oil* (CPO) dari Dumai ke Singapura pada beberapa tahun terakhir yang diperoleh dari Pelabuhan Indonesia I Cabang Dumai.
- Karakteristik Pelabuhan Dumai dan Pelabuhan Singapura
 

Data yang diperlukan ialah panjang & kedalaman untuk masing-masing dermaga/pelabuhan, kecepatan bongkar muat, serta waktu tunggu kapal di masing-masing pelabuhan.
- Data kapal pembanding
 

Data kapal pembanding yang digunakan didapat dari *website* badan klasifikasi kapal. Data ini digunakan untuk menentukan ukuran utama awal sebelum dilakukan optimisasi. Untuk mendapatkan ukuran kapal pembanding harus diketahui terlebih dahulu *payload* dan DWT kapal.
- Data mesin kapal
 

Data mesin utama didapatkan dari perhitungan propulsi dan hambatan. Untuk mesin yang akan digunakan nantinya akan diambil dari katalog mesin.

### III.2.4. Tahap Pengolahan data

Pada tahap ini dilakukan pengolahan data-data yang diperoleh untuk dijadikan sebagai input dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data dilakukan untuk mengetahui beberapa hal, diantaranya:

1. *Payload*
2. Ukuran utama kapal

Untuk menentukan ukuran utama *self-propelled barge*, dibuat model optimasi dari data-data yang telah didapat. Model optimasi dibuat sedemikian rupa agar memenuhi semua kriteria yang disyaratkan. Metode optimisasi yang digunakan pada penelitian ini adalah *nonlinear programming* dengan pendekatan *generalized reduced gradient* (GRG). Pada metode ini, fungsi tidak dapat berdiri sendiri tetapi ada batasan-batasannya. Maka sebelum melaksanakan metode tersebut terlebih dahulu menentukan fungsi objektif, variabel, konstanta, batasan-batasan, dan parameter.

- Fungsi Objektif

Fungsi objektif merupakan fungsi dari variabel yang akan menghasilkan satu harga yang paling maksimum atau minimum. Yang dijadikan sebagai fungsi objektif yaitu biaya struktural kapal. Biaya struktural kapal ini terdiri dari biaya baja kapal dan biaya elektroda yang digunakan dalam proses pembangunan kapal.

- Variabel

Variabel merupakan nilai yang ingin dicari atau dihitung berdasarkan fungsi objektifnya. Nilai yang dicari antara lain panjang, lebar, tinggi, dan sarat kapal. Nilai awal (*initial value*) yang digunakan sebagai variabel dari proses optimisasi ini ialah ukuran utama awal kapal yang didapatkan dengan metode *geosim procedure*.

- Konstanta

Konstanta ialah nilai yang besarnya sudah ditetapkan dan tidak berubah selama proses optimisasi, seperti berat jenis air, berat jenis baja, berat jenis muatan, gravitasi, dan lain-lain).

- Parameter

Parameter ialah Nilai yang sudah ditetapkan sebagai acuan seperti jumlah muatan dan kedalaman perairan.

- Batasan

Batasan ialah nilai-nilai yang sudah ditetapkan standar minimum atau maksimumnya berdasarkan aturan atau *rules* yang berlaku. Batasan yang dibuat yaitu:

- Rasio perbandingan ukuran utama kapal

Batasan rasio perbandingan ukuran utama kapal yang digunakan ialah berdasarkan data kapal pembanding yang telah dikumpulkan dari *website* klasifikasi.

- *Freeboard*

Acuan lambung timbul nantinya digunakan sebagai nilai minimum yang harus dipenuhi *self-propelled barge* pada muatan penuh.

- *Trim*

- *Displacement*

Berat total *self-propelled barge* (DWT+LWT) yang akan dirancang harus masih berada dalam rentang *displacement* hasil perhitungan sebesar 2% s/d 10%.

- *Kapasitas ruang muat*

Kapasitas ruang muat *self-propelled barge* yang didesain harus memiliki margin sebesar 0-5% terhadap volume muatan yang harus diangkut.

- Stabilitas

Persyaratan stabilitas mengacu pada *intact stability (IS) Code* yang ditetapkan oleh IMO.

### **III.2.5. Tahap Perencanaan**

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 3 yaitu:

1. Desain Rencana Garis

Pembuatan rencana garis dilakukan dengan bantuan *software* Maxsurf Modeler. Setelah proses desain rencana garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain rencana garis dengan bantuan *software* AutoCad.

2. Desain Rencana Umum

Dari rencana garis yang telah didesain, dibuatlah rencana umum dari tampak depan, samping, dan belakang. Di dalam rencana umum ini sudah termasuk penataan ruangan, peralatan, perlengkapan, muatan, dan hal lainnya.

### 3. Pemodelan 3D

Dari rencana garis dan rencana umum yang telah diselesaikan, maka dibuatlah pemodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software* Maxsurf dan Rhinoceros.

#### **III.2.6. Analisis Ekonomis**

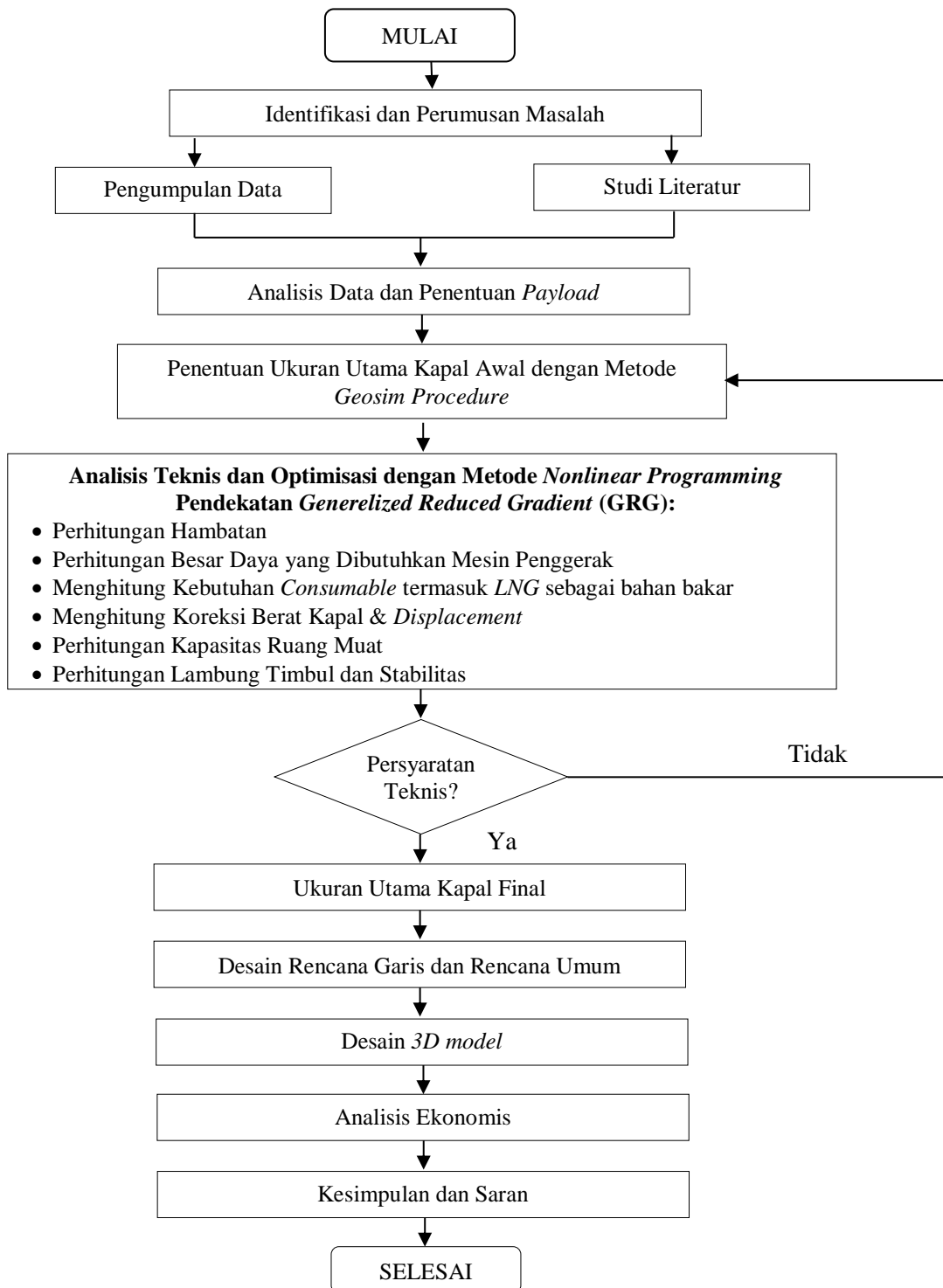
Setelah dilakukan semua perhitungan teknis dan desain semua gambar maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan serta analisis ekonomis. Perhitungan ekonomis dimulai dengan menghitung biaya total pembangunan sebuah kapal, kemudian perhitungan total biaya operasional. Biaya pembangunan dihitung untuk mengetahui berapa total harga yang dibutuhkan untuk membangun *self-propelled barge* ini. Biaya operasional dihitung untuk mengetahui berapa total biaya pengeluaran yang dibutuhkan dalam kurun waktu satu tahun selama beroperasinya kapal *self-propelled barge* ini. Kemudian dilakukan perhitungan proyeksi arus kas untuk selanjutnya menghitung *break even point*, *net present value*, *profitability index*, *internal rate of return*, serta *payback period* dari penyewaan *self-propelled barge* ini.

#### **III.2.7. Kesimpulan dan Saran**

Setelah semua tahap selesai dilaksanakan maka selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan dimana kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan estimasi biayanya. Hal ini akan menunjukkan hasil utama dari proses desain ini. Sedangkan saran dibuat untuk memberitahukan bagian apa yang diperlukan penyempurnaan pada proses desain ini.

### **III.3. Diagram Alir**

Metodologi yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dapat digambarkan dalam diagram alir (*flow chart*) yang ditunjukkan pada Gambar III. 1.



Gambar III. 1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

## BAB IV ANALISIS TEKNIS

### IV.1. Peramalan Ekspor CPO Dumai-Singapura

Dalam menentukan besarnya muatan CPO dari *self-propelled barge* yang akan didesain, maka perlu diketahui besarnya *demand crude palm oil* (CPO) Singapura dari Dumai selama beberapa tahun terakhir. Data *demand* ini diperlukan untuk mengetahui *trend* dari CPO yang diekspor dari Dumai ke Singapura, sehingga dapat dilakukan peramalan (*forecasting*) untuk tahun tertentu dengan tepat. Dari hasil peramalan yang dilakukan dapat diketahui besarnya CPO yang harus diangkut selama satu tahun dari Dumai ke Singapura, yang selanjutnya dapat dilakukan analisis dan penentuan muatan CPO yang akan diangkut selama satu tahun oleh *self-propelled barge* yang direncanakan beserta besarnya kapasitas muatannya (*payload*). Data ekspor CPO dari Pelabuhan Dumai ke Singapura ini diperoleh dari Pelabuhan Dumai yang dioperasikan oleh Pelabuhan Indonesia I. Data ekspor CPO ini dapat dilihat pada Tabel IV. 1.

Tabel IV. 1 Data Ekspor CPO dari Pelabuhan Dumai ke Singapura

Tahun	Jumlah (Ton)
2012	271.050
2013	314.405
2014	340.248
2015	325.318
2016	339.327
2017	345.556

Sumber: Pelabuhan Indonesia I Cabang Dumai, 2018

Pada Tabel IV. 1 dapat dilihat bahwa ekspor CPO dari Dumai ke Singapura cenderung mengalami peningkatan pada setiap tahunnya, dan hanya mengalami penurunan yang tidak terlalu signifikan pada tahun 2015. Data ekspor CPO dari Pelabuhan Indonesia I Cabang Dumai ini terdiri dari nama kapal yang mengangkut CPO serta muatan yang diangkut ke Singapura untuk satu kali pelayaran. Data ini dapat dilihat lebih detail pada Lampiran A.

Setelah memperoleh data ekspor CPO dari Pelabuhan Dumai ke Singapura pada beberapa tahun terakhir, maka perlu dilakukakan *forecasting* berdasarkan data yang ada untuk mengetahui kebutuhan CPO Singapura pada masa yang akan datang. Peramalan ini diperlukan dikarenakan pada umumnya kapal memiliki umur atau *lifetime* yang cukup lama

yaitu kira-kira 20 tahun, sehingga dalam merencanakan sebuah kapal diperlukan analisis market selama kapal itu dapat beroperasi. *Forecasting* untuk ekspor CPO ini merupakan *forecasting* kuantitatif yang dilakukan dengan metode proyeksi *trend* (*trend projection*).

Dengan metode *trend projection*, total ekspor pada setiap tahun di simbolkan sebagai Y dan nilai X dimulai dari 1 untuk tahun pertama, 2 untuk tahun kedua dan seterusnya. Jumlah data ekspor yang ada ialah sebanyak 6 data (Tahun 2012-2017). Perhitungan *forecasting* untuk data ekspor CPO ini dapat dilihat pada Tabel IV. 2.

Tabel IV. 2 *Forecasting Data*

Y	X	XY	X <sup>2</sup>
271050	1	271050	1
314405	2	628810	4
340248	3	1020744	9
325318	4	1301272	16
339327	5	1696635	25
345556	6	2073336	36
1935904	21	6,991,847	91
<b>ΣY</b>	<b>ΣX</b>	<b>ΣXY</b>	<b>ΣX<sup>2</sup></b>

$$Y = a + bx$$

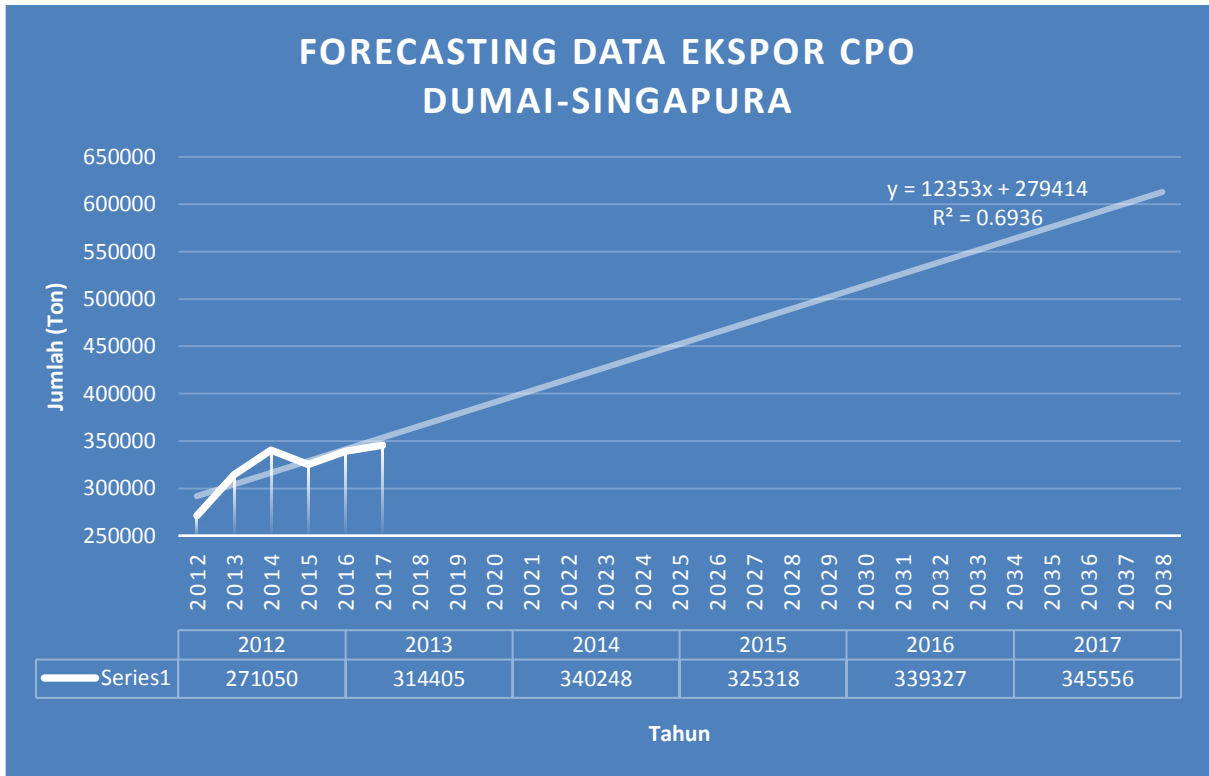
$$b = \frac{n(\Sigma xy) - (\Sigma x) \cdot (\Sigma y)}{n(\Sigma x^2) - (\Sigma x)^2}$$

$$a = \frac{\Sigma y - b(\Sigma x)}{n}$$

Dari hasil perhitungan tersebut didapatkan nilai b ialah 12353,31 dan nilai a ialah 279414,1. Sehingga didapatkan persamaan dari *trend* ini ialah  $Y = 12353.31x + 279414.1$ . Ekspor CPO yang diramalkan ialah untuk 20 tahun mendatang yang disesuaikan dengan umur ekonomis (*lifetime*) dari *self-propelled barge* yang akan didesain. Nilai x yang disubsitusikan ke persamaan fungsi y tersebut ialah 27, sehingga didapatkan besarnya ekspor CPO dari Pelabuhan Dumai ke Singapura pada Tahun 2038 ialah sebesar 612953,55 ton.

Hasil *forecasting* ini juga dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan fitur regresi dan *forecast* pada *Microsoft Excel* seperti yang dapat dilihat pada Gambar IV. 1





Gambar IV. 1 Grafik Ekspor CPO dan Proyeksi *Trend*

Gambar IV. 1 menunjukkan grafik ekspor CPO dari Dumai ke Singapura pada tahun 2012 hingga 2017 beserta proyeksi *trend* nya. Dengan mengetahui data pada tahun sebelum-sebelumnya, dapat diketahui *trend* dari data tersebut. *Trendline* yang digunakan untuk regresi data ini ialah *trend linier*. Pada grafik tersebut dapat diketahui bahwa ekspor CPO yang diramalkan cenderung naik. Persamaan dari *trend* ini sama seperti yang sudah dihitung sebelumnya yaitu  $Y = 12353,31x + 279414$ . Sehingga dengan memasukkan nilai  $x = 27$ , dapat diketahui bahwa pada Tahun 2038 diramalkan total ekspor CPO ialah sebesar 612953,55 ton.

#### IV.2. Penentuan *Payload*

Pada kondisi yang sebenarnya, proses ekspor CPO dalam suatu wilayah menggunakan berbagai kapal yang disewa dari perusahaan pelayaran. Pada tahun 2017 tercatat bahwa ekspor CPO rute Dumai-Singapura menggunakan 41 kapal dengan jumlah CPO yang diangkut ialah 345.556 ton. Data ini dapat dilihat pada Lampiran A. Sehingga untuk menentukan *payload* kapal, perlu diketahui besarnya muatan yang harus diangkut oleh satu kapal selama satu tahun. Namun untuk penentuan muatan yang harus diangkut oleh satu kapal selama satu tahun dalam kasus ini tidak dapat dilakukan dengan membagi jumlah *demand* CPO Singapura dari Pelabuhan Dumai pada tahun yang telah diramalkan dengan banyaknya kapal yang beroperasi. Hal ini dikarenakan kapal yang beroperasi pada kondisi *existing* tidak

hanya melayani rute Dumai-Singapura saja. Hal ini dapat dilihat dari jumlah muatan yang diangkut oleh masing-masing kapal untuk tiap pelayarannya pada Lampiran A. Dari data tersebut dapat dilihat bahwa muatan yang diangkut dari Dumai ke Singapura pada tiap pelayaran bervariasi dan lebih kecil dari kapasitas kapal, yang mana muatan yang dibawa tidak hanya untuk dikirim ke Singapura saja melainkan ke negara/pelabuhan lain. Sehingga dapat dikatakan bahwa pelayaran yang dilakukan kapal pada kondisi *existing* bersifat *multiport*, berbeda dengan yang direncanakan pada Tugas Akhir ini yaitu “*direct*”. Pelayaran *multiport* ini menyebabkan banyaknya kapal yang beroperasi pada rute Dumai-Singapura, sehingga apabila jumlah muatan yang harus diangkut oleh satu kapal dalam satu tahun ditentukan dengan membagi total muatan yang harus diangkut selama satu tahun dengan jumlah kapal akan menghasilkan muatan yang relatif kecil yang mana ukuran kapal yang akan didesain nantinya menjadi sangat kecil dan tidak *reliable*.

Faktor lain yang dipertimbangkan mengapa penentuan muatan yang harus diangkut selama 1 tahun oleh satu kapal dalam kasus ini tidak dapat dilakukan dengan membagi jumlah *demand* CPO Singapura dari Pelabuhan Dumai dengan banyaknya kapal yang beroperasi ialah dikarenakan seluruh kapal yang beroperasi pada tahun 2017 merupakan kapal yang berbendera asing. Sehingga apabila Peraturan Menteri Perdagangan No. 82/2017 yang mewajibkan seluruh proses ekspor CPO wajib menggunakan kapal milik perusahaan nasional mulai diterapkan, maka jumlah kapal yang beroperasi pada masa yang akan datang tentunya berbeda.

Dengan pertimbangan-pertimbangan tersebut, maka penentuan *payload* kapal pada Tugas Akhir ini didasarkan pada rata-rata muatan yang diekspor dari Pelabuhan Dumai ke Singapura pada salah satu perusahaan yang mengoperasikan kapal untuk rute tersebut. Hal ini dinilai lebih baik dikarenakan dapat menggambarkan rata-rata pembelian CPO dari Singapura kepada pihak produser atau eksportir CPO di Dumai untuk satu kali pengangkutan. Dengan mengetahui rata-rata muatan yang diekspor tersebut dapat ditentukan jumlah muatan yang diangkut oleh kapal yang didesain selama satu tahun, sehingga dapat diketahui perkiraan persentase dari *market share* kapal tersebut terhadap total ekspor CPO dari Pelabuhan Dumai ke Singapura. Salah satu perusahaan pelayaran yang melayani rute Pelabuhan Dumai – Singapura ialah Fenghai Ocean Shipping. Data armada kapal dan muatan yang dibawa untuk satu kali perjalanan dari Dumai ke Singapura ditunjukkan pada Tabel IV. 3.

Tabel IV. 3 Data Ekspor CPO dari Armada Fenghai Ocean Shipping

No	Nama Kapal	Jumlah (Ton)
1	Feng Hai 13, MT	3000
2	Feng Hai 13, MT	1600
3	Feng Hai 13, MT	1000
4	Feng Hai 13, MT	1835
5	Feng Hai 36, MT	1000
6	Feng Hai 36, MT	1200
7	Feng Hai 36, MT	1000
8	Feng Hai 36, MT	1000
9	Feng Hai 36, MT	2000
10	Feng Hai 36, MT	7210
11	Feng Hai 36, MT	5100

Sumber: Pelabuhan Indonesia I Cabang Dumai, 2018

Dari data yang ditunjukkan pada Tabel IV. 3, dapat diketahui bahwa rata-rata muatan yang diekspor dari Pelabuhan Dumai ke Singapura ialah 2358.64 ton. Sehingga dengan pembulatan dapat ditentukan bahwa *payload self-propelled barge* yang didesain ialah sebesar 2400 ton. Selanjutnya untuk mengetahui besarnya muatan yang diangkut oleh *self-propelled barge* yang didesain selama satu tahun perlu dilakukan analisis transportasi terkait waktu yang dibutuhkan untuk satu kali pelayaran/*roundtrip*, jumlah pelayaran (*roundtrip*) selama satu tahun, waktu operasi efektif (*effective operating time*), dan sebagainya.

Waktu yang dibutuhkan kapal dalam 1 kali pelayaran (*Trtp*) terdiri dari waktu kapal dilaut dan di pelabuhan:

$$Trtp = Tsea + Tport$$

Waktu kapal dilaut (*Tsea*) didapatkan dari pembagian jarak pelayaran untuk 1 kali *roundtrip* (*S*) dengan kecepatan dinas kapal (*Vs*). Jarak pelayaran dalam kasus ini ialah Dumai-Singapura-Dumai. Formula perhitungan *Tsea* ini ialah sebagai berikut:

$$Tsea = \frac{S}{Vs}$$

Jarak dari Pelabuhan Dumai ke Pelabuhan Jurong Singapura ialah 176 *Nautical miles* atau setara dengan 325,952 Km. Sehingga untuk satu kali *roundtrip* (Dumai – Singapura – Dumai) jarak yang ditempuh ialah 651,904 Km. Kecepatan kapal yang dirancang ialah 10 knot. Sehingga dari data tersebut dapat diketahui lamanya kapal di laut selama satu kali pelayaran ialah 35,2 jam.

Waktu kapal di pelabuhan (Pelabuhan Dumai dan Pelabuhan Singapura), terdiri dari waktu tunggu kapal mulai dari awal antri di pelabuhan hingga dimulainya bongkar muat ( $Ta$ ) dan waktu bongkar muat ( $Tbm$ ).

Waktu antri kapal di pelabuhan ( $Ta$ ) terdiri dari:

- *Waiting Time* (WT), yaitu waktu tunggu yang dikeluarkan oleh kapal mendapatkan pelayanan sandar di Pelabuhan.
- *Approach time* (AT), yaitu jumlah waktu terpakai untuk kapal bergerak dari lokasi lego jangkar sampai ikat tali di tambatan
- *Idle time* (IT), yaitu waktu tidak efektif atau tidak produktif atau terbuang selama kapal berada di tambatan yang disebabkan oleh pengaruh cuaca dan peralatan bongkar muat yang rusak.

Rata-rata total waktu antri kapal di Pelabuhan Dumai untuk dermaga curah cair ( $Ta_1$ ) ialah 13.06 jam dengan rincian sebagai berikut (Pelindo I, 2016):

- *Waiting Time* (WT) : 0.06 jam
- *Approach time* (AT) : 10.8 jam
- *Idle time* (IT) : 2.2 jam

Waktu bongkar muat di pelabuhan dapat diketahui dengan formula berikut:

$$Tbm = \frac{\text{Jumlah Muatan (Payload)}}{Vbm}$$

Dimana  $Vbm$  merupakan kecepatan bongkar muat kapal. Untuk Pelabuhan Dumai diketahui bahwa besarnya kecepatan rata-rata bongkar muat muatan curah cair ialah sebesar 250 ton/jam (Pelindo I, 2017). Sehingga dengan *payload* 2400 ton dapat diketahui bahwa waktu bongkar muat di Pelabuhan Dumai ialah sebesar 9,6 jam.

Dikarenakan keterbatasan data pada waktu antri/tunggu kapal dan besarnya kecepatan bongkar muat curah cair di Pelabuhan Singapura, maka waktu kapal di Pelabuhan Singapura (*Tsingapura*) diasumsikan sama dengan total waktu rata-rata kapal di Pelabuhan Singapura (*ship's turnaround time in port*) untuk jenis kapal tanker. Besarnya *ship's turnaround time* untuk kapal tanker di Pelabuhan Singapura adalah 0,98 hari atau 23,52 jam (UNCTD, 2017).

Sehingga nilai dari waktu kapal dalam 1 kali *roundtrip* ( $Trtp$ ) ialah penjumlahan dari waktu kapal dilaut ( $Tsea$ ), waktu bongkar muat kapal di Pelabuhan Dumai ( $Tbm1$ ), waktu antri kapal di Pelabuhan Dumai ( $Ta1$ ), dan total waktu kapal di pelabuhan Singapura (*Tsingapura*). Besarnya waktu kapal dalam 1 kali pelayaran (*roundtrip*) ialah 81,38 jam atau kurang lebih 4 hari.

Untuk mengetahui banyaknya *roundtrip* yang dilakukan oleh *self-propelled barge* ini selama setahun dapat diketahui dengan menentukan nilai waktu efektif operasi kapal, dimana jumlah *roundtrip* selama setahun dapat dicari dengan formula berikut:

$$Srtp = \frac{EOT}{Trtp}$$

EOT (*Effective Operating Time*) merupakan waktu operasi kapal yang efektif selama satu tahun. Dalam 1 tahun biasanya kapal akan melakukan *annual survey* ataupun *docking*. Lamanya *docking* ini diasumsikan sama dengan rata-rata waktu *docking* kapal di Indonesia, yaitu selama 1 bulan (30 hari) (Kementrian Perindustrian, 2014). Sehingga waktu operasi efektif dari *self-propelled barge* yang direncanakan ialah sebesar 335 hari. Sehingga didapatkan jumlah pelayaran (*roundtrip*) selama satu tahun dari *self-propelled barge* ini ialah sebanyak 83.75 kali atau dibulatkan menjadi 84 kali.

Dengan mengetahui jumlah muatan yang dibawa dalam sekali *roundtrip* dan jumlah *roundtrip* selama satu tahun, maka dapat diketahui jumlah muatan yang dibawa selama satu tahun dengan formula:

$$Q = \text{Payload} \times Srtp$$

Dimana  $Q$  merupakan jumlah muatan yang diangkut kapal dalam satu tahun dan  $Srtp$  merupakan jumlah pelayaran (*sum of roundtrip*) yang dilakukan kapal dalam satu tahun. Sehingga didapatkan bahwa jumlah muatan yang diangkut selama satu tahun oleh *self-propelled barge* yang direncanakan ialah sebesar 201.600 ton atau memiliki *market share* sebesar 33% terhadap total ekspor CPO Pelabuhan Dumai-Singapura yang telah dilakukan *forecasting* sebelumnya.

Dari analisis yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa *requirements* dari *project* ini ialah sebagai berikut:

- Jenis kapal : *Self-propelled barge*
- Jenis muatan : *Crude palm oil*
- *Payload* : 2400 ton.
- Rute : Dumai – Singapura
- Kecepatan : 10 knot
- Radius Pelayaran : 176 Nm
- Daerah Pelayaran : Perairan Internasional

### IV.3. Penentuan Ukuran Utama Awal

Setelah mengetahui nilai *payload* kapal, langkah selanjutnya ialah menentukan ukuran utama awal kapal yang sesuai dengan *payload* kapal. Untuk nilai DWT kapal yang akan didesain diasumsikan sebesar 110 % dari *payload* kapal. Sehingga nilai dari DWT kapal ialah sebesar 2640 ton. Salah satu metode yang dapat digunakan dalam penentuan ukuran utama ini ialah metode *Point Based Design* dengan menggunakan data ukuran utama dari kapal pembanding, yang selanjutnya akan dilakukan proses *optimisasi* untuk dicari ukuran yang paling optimal dan pengecekan terhadap syarat teknis kapal.

Penentuan ukuran utama awal kapal dengan metode *Point Based Design* dilakukan dengan mengumpulkan data-data kapal pembanding dari website klasifikasi seperti BKI & BV. Dari 47 data kapal pembanding dengan range 772 DWT – 6143 DWT, dipilih 21 kapal untuk menghasilkan regresi linier yang baik. Untuk kapal pembanding yang digunakan dalam regresi ini dapat dilihat pada Lampiran B. Hasil dari regresi linier kapal pembanding ini dapat dilihat pada Tabel IV. 4.

Tabel IV. 4 Hasil Regresi Linier Kapal Pembanding

Item	R <sup>2</sup>
DWT – Lpp	0,5567
DWT – B	0,0199
DWT – H	0,8022
DWT - T	0,7966

Pada Tabel IV. 4 dapat dilihat hasil regresi yang kurang baik, dimana nilai R<sup>2</sup> untuk DWT-Lpp sebesar 0,5567 dan DWT-B sebesar 0,0199, dimana nilai R<sup>2</sup> yang baik ialah nilai yang mendekati angka 1 (minimal 0,6). Kapal - kapal tersebut kebanyakan memiliki desain yang kurang proporsional satu sama lainnya. Hal inilah yang membuat hasil regresi *self-propelled barge* kurang baik. Oleh karena itu, proses untuk mendapatkan ukuran utama awal kapal dilakukan dengan metode lain, yaitu metode *Geosim Procedure*. Metode *Geosim Procedure* merupakan metode mencari ukuran utama awal kapal dengan menggunakan 1 kapal sebagai *basic ship*, dimana *basic ship* yang digunakan memiliki desain dan performa yang bagus. Metode ini memanfaatkan analisis perbandingan ukuran utama kapal antara *basic ship* dengan *new ship*.

Dari 47 data kapal pembanding yang telah dikumpulkan sebelumnya, dipilih 1 kapal sebagai *basic ship*. Berikut ini merupakan data ukuran utama *basic ship* yang didapat.

- Nama Kapal = Tirta Samudra XXV
- DWT = 3000 ton

- L<sub>pp</sub> = 85 m
- B = 15.6 m
- H = 4.6 m
- T = 3.7 m

Penggunaan Metode *Geosim Procedure* :

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right)^3 = \frac{W_2}{W_1}$$

$$\left(\frac{L_2}{L_1}\right) = \left(\frac{2640}{3000}\right)^{1/3}$$

$$\frac{L_2}{L_1} = 0.95828 = K$$

$$L_{pp} \text{ baru} = L_{pp} \text{ basic ship} \times K = 81,5 \text{ m}$$

$$B \text{ baru} = B \text{ basic ship} \times K = 14,9 \text{ m}$$

$$T \text{ baru} = T \text{ basic ship} \times K = 4,4 \text{ m}$$

$$H \text{ baru} = H \text{ basic ship} \times K = 3,5 \text{ m}$$

Dari hasil perhitungan, maka didapat ukuran utama awal kapal sebagai berikut:

- L<sub>pp</sub> = 81,5 m
- B = 14,9 m
- H = 4,4 m
- T = 3,5 m

Ukuran utama kapal awal tersebut selanjutnya digunakan dalam proses *optimisasi* sebagai *input variable* awal untuk mencari ukuran yang paling optimal. Sementara data ukuran kapal pembanding yang dikumpulkan digunakan sebagai batasan untuk menentukan nilai minimum dan maksimum dalam menentukan nilai variabel yang dicari dan sebagai batasan untuk rasio ukuran utama.

#### IV.4. Pembuatan Model Optimisasi Ukuran Utama

Dalam mencari nilai optimum dari sekelompok data dengan dibatasi beberapa *constraints*, program *Excel* memiliki salah satu fitur yang dapat menyelesaikannya. Fitur tersebut adalah *solver*. Dengan *solver*, dapat dicari nilai optimum maksimum maupun nilai optimum minimum. Makadarpada itu, proses *optimisasi self-propelled barge* ini menggunakan fitur *solver* untuk menyelesaikannya.

#### IV.4.1. Penentuan Variabel

Dalam proses *optimisasi*, terdapat *changing variable* yang nilainya akan berganti-ganti setiap saat ketika proses optimisasi dilakukan oleh *fitur solver Ms. Excel*. Dalam proses optimisasi ini, yang berfungsi sebagai variabel adalah panjang, lebar, tinggi, dan sarat. Sebagai nilai awal (*initial value*), digunakan ukuran utama awal kapal yang diperoleh dari hasil *Geosim Procedure* yaitu:

- L = 81,5 meter
- B = 14,9 meter
- T = 4,4 meter
- H = 3,5 meter

#### IV.4.2. Penentuan Parameter

Parameter adalah harga yang nilainya tidak berubah selama proses optimisasi karena adanya syarat-syarat yang harus dipenuhi. Pada proses optimisasi ini ini, yang berfungsi sebagai parameter adalah :

- Permintaan *owner* berupa kapasitas angkut sebesar 2400 ton.
- Kedalaman rata-rata Pelabuhan Dumai sebesar 9 meter.
- Kecepatan dinas *self-propelled barge* ialah 10 knot
- Massa jenis air laut sebesar 1,025 ton / m<sup>3</sup>.
- Massa jenis muatan ialah 0,92 ton/ m<sup>3</sup>.

#### IV.4.3. Pembuatan batasan

Batasan (*constraints*) adalah harga batas yang ditentukan sebelumnya agar nilai variabel tidak menyimpang dari apa yang diharapkan. Sebelum model optimisasi *solver* dibuat, terlebih dahulu dilakukan perhitungan-perhitungan teknis kapal yang berhubungan penentuan batasan dalam proses optimisasi. Batasan-batasan yang digunakan dalam perhitungan ini adalah:

- Batasan rasio ukuran utama

Rasio ukuran utama kapal yaitu meliputi L/B, B/T, L/T, L/H, B/H, dan T/H.

Dari kapal pembanding yang ada, didapatkan rasio sebagai berikut:

- L/B = 3,27 – 5,71
- B/T = 3,33 – 6,34
- L/T = 16,46 – 24,78
- L/H = 12 – 18,95



- $B/H = 3,13 - 4,06$
- $T/H = 0,64 - 0,94$

- *Froude Number*

Perhitungan *Froude Number* dilakukan berdasarkan ketentuan pada *Parametric Design* dimana nilai besarnya untuk *self-propelled barge* antara 0,15 hingga 0,3.

- Perhitungan kapasitas ruang muat

Volume muatan yang akan diangkut dibandingkan dengan volume ruang muat yang tersedia. Volume muatan diperoleh dari *payload* kapal dibagi dengan massa jenis CPO. Sedangkan volume ruang muat yang tersedia diperoleh dari perkalian panjang ruang muat dengan lebar ruang muat yang telah dikurangi *double skin* serta dengan tinggi ruang muat setelah dikurangi tinggi *double bottom*. Apabila volume muatan jauh lebih besar dibandingkan maka ukuran kapal ini tidak memenuhi. Apabila volume ruang muat lebih besar dibandingkan dengan volume muatan maka ukuran kapal ini memenuhi, asalkan selisih volume ruang muat tidak lebih besar dari 5%.

- Perhitungan koreksi *displacement*

Berat baja yang telah dihitung dijumlahkan dengan berat peralatan dan perlengkapan serta berat permesinan sehingga didapatkan LWT. LWT kemudian dijumlahkan dengan berat total muatan (DWT) dan didapatkanlah berat *displacement*. Berat LWT + DWT dibandingkan dengan *displacement* yang didapat dari perkalian  $L \times B \times T \times C_{bxp}$ . Selisih antara keduanya harus dalam *range* 2% sampai 10%. Dalam hal ini nilai  $L \times B \times T \times C_{bxp}$  harus lebih besar daripada LWT+DWT yang didapat dari perhitungan, sehingga tetap ada berat cadangan didalamnya.

- Perhitungan trim

Trim dapat didefinisikan sebagai gerakan kapal yang mengakibatkan tidak terjadinya *even keel* atau gerakan kapal mengelilingi sumbu Y secara tepatnya. Trim ini terjadi akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. Trim dibedakan menjadi dua yaitu trim haluan dan trim buritan. Trim haluan yaitu sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan sedangkan trim buritan kebalikan dari trim haluan. Perhitungan trim berdasarkan rumus yang terdapat dalam "*Parametric Design Chapter 11*" [Parsons,2001]. Batasan trim maksimal adalah -0,5 % s/d 0,5 % LPP.

- Perhitungan *freeboard* dan *bow height*

Perhitungan *freeboard* dan *bow height* didasarkan pada ketentuan yang telah ditetapkan oleh *International Convention on Load Lines 1966 and protocol of 1988*.

Untuk *self-propelled barge* pengangkut CPO ini merupakan kapal tipe A, sehingga diambil *freeboard* standar yang telah ditetapkan untuk kapal tipe A berdasarkan panjang kapal. Kemudian ditambah dengan koreksi hingga didapatkan *freeboard* minimal yang disyaratkan. *Freeboard* minimal inilah yang dijadikan salah satu batasan dalam iterasi yang dilakukan. Nilai minimum *bow height* ditentukan menggunakan rumus yang merupakan fungsi panjang kapal dan  $C_b$  kapal. Hal ini diatur dalam *International Convention on Load Lines 1966 and protocol of 1988 Regulation 39*. *Bow height* aktual ialah *freeboard* aktual ditambah dengan tinggi *forecastle*. Nilai *bow height* aktual ini tidak boleh lebih kecil dari nilai *bow height* minimal yang disyaratkan dalam ICLL.

- Batasan stabilitas

Stabilitas kapal dapat diartikan sebagai kemampuan dari sebuah kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar dengan beratnya sendiri. Kemampuan itu dipengaruhi lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen-komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM, ketiga komponen tersebut sangat berperan penting dalam stabilitas. Dalam perhitungan stabilitas yang paling penting adalah mencari lengan dinamis (GZ). Persyaratan stabilitas mengacu pada IMO Regulation untuk menghitung *intact stability*, (IS Code, 2008) yaitu:

- $e_{0,30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055$  meter rad.

- $e_{0,40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ \geq 0.09$  meter rad.

- $e_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$  meter

- $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.

- $h_{\max} \text{ pada } \phi_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari  $25^\circ$

-  $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi Metasentra awal  $GM_0$  tidak boleh kurang dari 0.15 meter

#### **IV.4.4. Penentuan Fungsi Objektif**

Fungsi objektif dalam proses optimisasi ini adalah biaya pembangunan struktur kapal. Dimana biaya struktur kapal ini terdiri dari biaya baja kapal dan biaya elektroda kapal. Biaya baja kapal dan biaya elektroda didapatkan dengan mengalikan berat baja kapal dan elektroda dengan masing-masing biaya persatuan tonnya. Berat elektroda diasumsikan sebesar 10% dari berat baja kapal.

#### **IV.5. *Running Model Optimisasi Solver***

Setelah semua batasan selesai dibuat, selanjutnya adalah membuat model optimisasi untuk memperoleh ukuran utama yang optimum. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut:

1. Membuat model optimisasi dimana di dalamnya terdapat *value* yang akan dicari, batasan yang telah ditentukan sebelumnya, dan fungsi objektif sebagai acuan untuk proses optimisasi. Model yang dibuat pada penelitian ini tampak seperti Gambar IV. 2.

## OPTIMISASI SELF-PROPELLED BARGE

CHANGING VARIABLE						
	Variable	Minimum	Design	Maksimum	Satuan	Keterangan
Ukuran Utama	L	40.89	66.26	85.70	m	OK
	B	9.60	16.02	22.00	m	OK
	H	2.90	5.13	6.09	m	OK
	T	1.92	3.81	4.51	m	OK

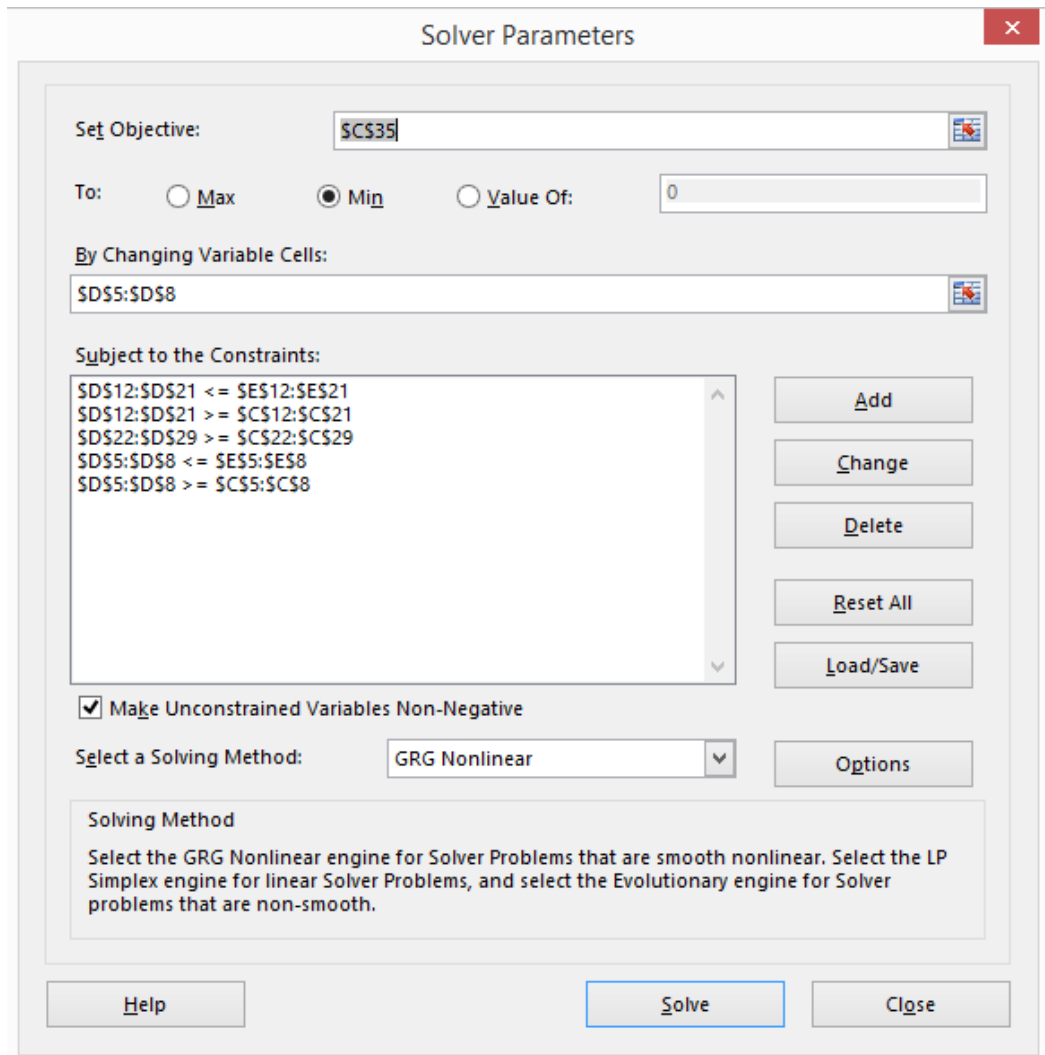
CONSTRAINTS						
Syarat Teknis	Item	Minimum	Design	Maksimum	Satuan	Keterangan
Perbandingan Ukuran Utama Kapal	L/B	3.27	4.14	5.71		OK
	B/T	3.33	4.20	6.34		OK
	L/T	16.46	17.38	24.78		OK
	L/H	12.00	12.92	18.95		OK
	B/H	3.13	3.13	4.06		OK
	T/H	0.64	0.74	0.94		OK
Froude Number	Fn	0.00	0.20	0.35		OK
Cargo Capacity	Boundary of Cargo Hold Capacity	0.00%	0.00%	5.00%	%	OK
Displacement	Displacement Check	2.00%	10.00%	10.00%	%	OK
Trim	Selisih Trim	0.00	0.331	0.331	m	OK
Freeboard & Bowheight	Actual Summer Freeboard	0.71	1.31		m	OK
	Minimum Bow Height	2.77	3.96		m	OK
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0° (GM <sub>0</sub> )	0.15	4.26		m	OK
	Lengan dinamis pada 30° (e <sub>0,30°</sub> )	0.055	1.35		m rad	OK
	Lengan dinamis pada 40° (e <sub>0,40°</sub> )	0.09	2.31		m rad	OK
	Luas Kurva GZ antara 30° - 40° (e <sub>30,40°</sub> )	0.03	0.96		m rad	OK
	Lengan statis pada sudut oleng 30° (h <sub>30°</sub> )	0.20	10.65		m	OK
	Sudut kemiringan pada Ls maksimum (φ <sub>max</sub> )	25.0	46.06		°	OK

OBJECTIVE FUNCTION		
Item	Value	Satuan
Steel Cost	\$580,339	\$ USD
Electrode Cost	\$62,739	\$ USD
Structural Cost	\$643,078	\$ USD

CONSTANT VALUE		
Item	Value	Satuan
Payload	2400	ton
Speed	10	Knots
Sea Water Density	1025	kg/m <sup>3</sup>
Gravity	9.81	m/s <sup>2</sup>
Voyage Duration	35.20	jam
Cargo Density	0.92	kg/m <sup>3</sup>

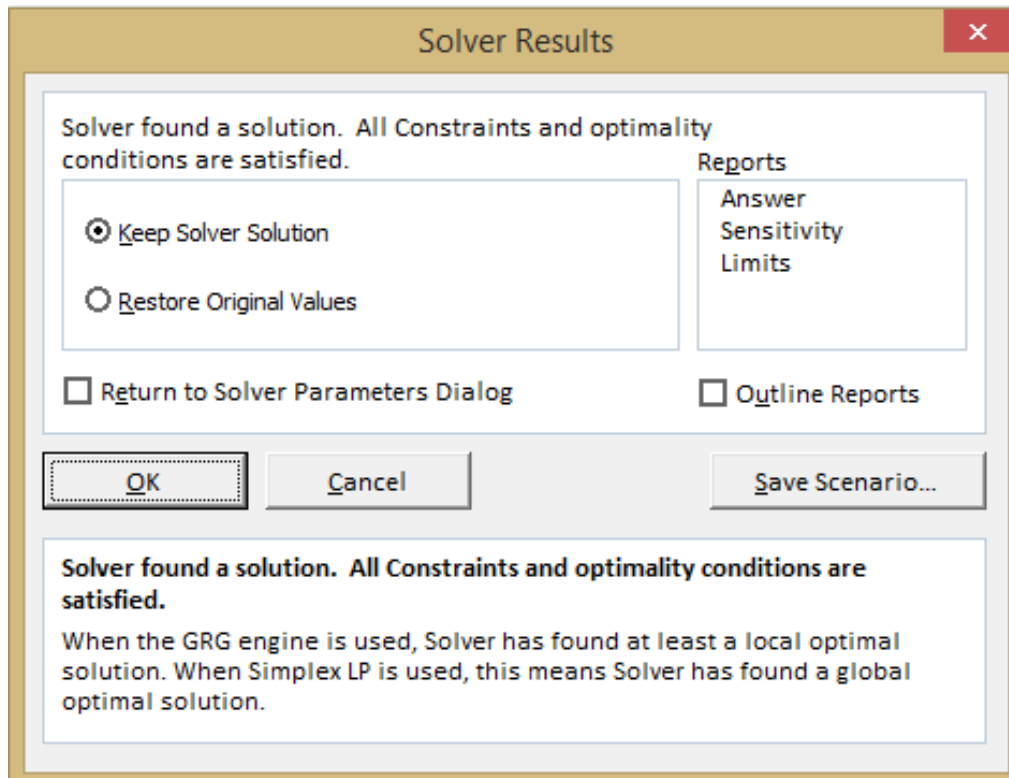
Gambar IV. 2 Optimisasi *Self-Propelled Barge*

2. Setelah model selesai dibuat selanjutnya adalah melakukan *running* model. Fasilitas *solver* dapat diakses melalui *toolbar* data > *solver*. Selanjutnya akan muncul tampilan *solver* parameter. Pada menu *set target cell* dimasukkan nilai dari *structural cost*. Dimana pada optimisasi ini dipilih nilai minimum karena akan dicari harga material yang paling rendah. Untuk menu *by changing cell* dipilih variabel yang akan dicari yaitu L, B, H, T. Kemudian pada menu *subject to the constraints* dimasukkan semua nilai minimum dan maksimum yang berfungsi sebagai batasan dari proses optimisasi. Tampilan *solver* ketika dilakukan proses *running* akan tampak seperti Gambar IV. 3.



Gambar IV. 3 Solver Parameters

3. Setelah semua telah terisi, langkah selanjutnya adalah melakukan proses *running solver*. Apabila proses optimisasi yang dilakukan telah memenuhi semua batasan yang diberikan maka akan muncul pemberitahuan bahwa *solver* telah menemukan solusi untuk model yang dibuat seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV. 4.



Gambar IV. 4 Tampilan Bahwa Hasil *Solver* Berhasil

Ukuran utama optimum yang didapat dari proses *running solver* tersebut adalah:

- L = 66,26 m
- B = 16,02 m
- H = 5,13 m
- T = 3,81 m

#### IV.6. Pengecekan Perhitungan Teknis

Karena proses optimisasi ini merupakan proses yang dapat mempengaruhi perhitungan teknis dalam mendesain kapal sehingga perlu adanya pengecekan ulang untuk memastikan semua batasan dan parameter terpenuhi. Mengingat proses optimisasi ini menghasilkan ukuran utama yang dijadikan acuan dalam perhitungan hambatan, propulsi, berat dan titik berat yang berpengaruh ke koreksi *displacement*, koreksi volume ruang muat, *freeboard*, dan pengecekan stabilitas, sehingga perlu dilakukan pengecekan ulang pada item-item tersebut. Dalam subbab IV.6 ini akan dijelaskan hasil perhitungan teknis dari *self-propelled barge* yang direncanakan, sementara detail perhitungannya dapat dilihat pada Lampiran B.

#### IV.6.1. Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal

Setelah didapatkan ukuran utama kapal, maka selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien. Koefisien yang dihitung ialah *block coefficient* ( $C_B$ ), *midship section coefficient* ( $C_m$ ), *waterplane coefficient* ( $C_{WP}$ ), dan *prismatic coefficient* ( $C_P$ ). Selain itu juga dihitung besarnya LCB kapal dan juga *displacement* kapal. Hasil perhitungan ini dapat dilihat pada Tabel IV. 5.

Tabel IV. 5 Koefisien Bentuk Kapal, LCB, dan *Displacement*

Koefisien Bentuk Badan Kapal, LCB, dan <i>Displacement</i>		
Nama	Nilai	Satuan
Koefisien Blok ( $C_B$ )	0,90	
Koefisien <i>Midship</i> ( $C_M$ )	1	
Koefisien Prismatik ( $C_P$ )	0,90	
Koefisien <i>Waterplane</i> ( $C_{WP}$ )	0,954	
<i>Longitudinal Center of Buoyancy</i> (LCB)	35,755	m dari AP
<i>Volume Displacement</i>	3789,383	m <sup>3</sup>
<i>Displacement</i>	3884,118	ton

#### IV.6.2. Hasil Perhitungan Hambatan Kapal

Setelah didapatkan ukuran utama kapal dan dilakukannya perhitungan koefisien bentuk kapal, selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan. Perhitungan ini menggunakan metode Holtrop, dimana hambatan yang akan dihitung antara lain, hambatan gesek (*frictional resistance*), hambatan gelombang (*wave making resistance*), dan hambatan udara (*air resistance*). Dengan menggunakan metode Holtrop tersebut maka diperoleh hasil perhitungan hambatan yang dapat dilihat pada Tabel IV. 6.

Tabel IV. 6 Komponen Hambatan Kapal

Komponen Hambatan Kapal		
Nama	Nilai	Satuan
Koefisien Hambatan Gesek ( $C_F$ )	$1,789 \times 10^{-3}$	
Luas Permukaan Basah ( $S_{TOT}$ )	1480,631	m <sup>2</sup>
Faktor Bentuk Badan Kapal ( $1+k$ )	1,6495	
Koefisien Hambatan Gelombang $R_W/W$	$1,1846 \times 10^{-3}$	
<i>Correlation Allowance</i> ( $C_A$ )	$5,91 \times 10^{-4}$	
Gaya Berat $W$	38103,197	N
Hambatan total ( $R_T$ )	81,835	kN

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel IV. 6, hambatan total kapal setelah menjumlahkan *viscous resistance*, *appendage resistance* dan *wave making resistance*, dan *air resistance* adalah sebesar 81,835 kN (*Kilo Newton*). Detail dari perhitungan hambatan *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Lampiran B.

### IV.6.3. Hasil Perhitungan Propulsi Kapal

Hasil perhitungan propulsi *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 7.

Tabel IV. 7 Komponen Propulsi Kapal

Komponen Propulsi Kapal		
Nama	Nilai	Satuan
<i>Effective Horse Power</i> (EHP)	420,957	kW
<i>Delivery Horse Power</i> (DHP)	761,851	kW
<i>Shaft Horse Power</i> (SHP)	777,398	kW
<i>Break Horse Power</i> (BHP)	797,332	kW
<i>Maximum Continuous Rate</i> (MCR)	1078,743	kW

Seperti yang dapat dilihat pada Tabel IV. 7, kebutuhan daya propulsi kapal adalah sebesar 1078,743 kW (*Kilo Watt*) atau 1441,55 HP (*Horse Power*). Kebutuhan daya propulsi kapal pada kondisi MCR digunakan sebagai acuan untuk menentukan mesin yang akan digunakan. Detail dari perhitungan propulsi *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Lampiran B.

### IV.6.4. Perhitungan Berat Baja Kapal

Perhitungan berat baja kapal didapatkan dengan menggunakan metode Harvald & Jensen (1992), dari buku *Ship Design Efficiency and Economy* (Schneekluth: 1998). Berikut ini adalah hasil perhitungan berat baja kapal:

$$W_{ST} = L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S \text{ (Ton)}$$

Dimana,

$$D_A = H + \frac{V_A + V_{DH}}{L \cdot B}$$

$$V_A = V_{FORECASTLE} + V_{POOP} = 824,375 \text{ m}^3$$

$$V_{DH} = V_{DHLAYER II} + V_{DHLAYER III} + V_{DHLAYER IV} + V_{DHLAYER V} = 721,73 \text{ m}^3$$

$$D_A = 5,13 + \frac{824,375 + 721,73}{66,26 \cdot 16,02} = 6,58 \text{ m}$$

$$C_S = C_{SO} + 0,06 e^{-(0,5U + 0,1U^{2,45})}$$

$$C_{SO} = 0,0752$$

$$C_S = 0,112$$

Sehingga,

$$W_{ST} = 66,26 \cdot 16,02 \cdot 6,58 \cdot 0,112$$

$$W_{ST} = 784,241 \text{ ton}$$



#### IV.6.5. Perhitungan Berat Permesinan

Hasil perhitungan berat permesinan *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 8.

Tabel IV. 8 Berat Permesinan

Berat Permesinan		
Nama	Nilai	Satuan
<i>Main Engine</i>	9,5	ton
<i>Propulsion unit (gearbox, shaft &amp; propeller)</i>	5,715	ton
<i>Electrical unit</i>	19,447	ton
<i>Other weight</i>	25,025	ton
<b>Total berat permesinan</b>	<b>59,687</b>	<b>ton</b>

Pada Tabel IV. 8 dapat dilihat bahwa total berat permesinan (*machinery weight*) dari *self-propelled barge* ini ialah sebesar 59,687 ton. Detail dari perhitungan berat permesinan ini dapat dilihat pada Lampiran B.

#### IV.6.6. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Hasil perhitungan berat peralatan dan perlengkapan dari *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 9.

Tabel IV. 9 Berat Peralatan dan Perlengkapan

Berat Permesinan		
Nama	Nilai	Satuan
• <i>Group III (Accomodation)</i>		
<i>Poop deck</i>	43,069	ton
<i>Forecastle deck</i>	21,535	ton
<i>Layer II (Boat Deck)</i>	23,04	ton
<i>Layer III (Bridge deck)</i>	11,29	ton
<i>Layer IV (Wheelhouse Deck)</i>	8,87	ton
<i>Layer V (Top Deck)</i>	4,915	ton
<b>W Group III</b>	<b>112,719</b>	<b>ton</b>
• <i>Group IV (Miscellaneous)</i>	77,364	ton
<b>Total Berat Peralatan dan Perlengkapan</b>	<b>190,083</b>	<b>ton</b>

Dapat dilihat pada Tabel IV. 9, berat peralatan dan perlengkapan total *self-propelled barge ini* adalah 190,083 ton. Detail dari perhitungan berat peralatan dan perlengkapan ini dapat dilihat pada Lampiran B.

#### IV.6.7. Total LWT

Hasil Perhitungan LWT yaitu dengan rincian berat permesinan, berat *equipment & outfitting*, dan berat struktur kapal. Total *lightweight* (LWT) *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 10.

Tabel IV. 10 Rincian LWT

Item	Berat (ton)
Berat struktur total	784,241
Berat <i>equipment &amp; outfitting</i>	190,083
Berat permesinan	59,687
<b>Total</b>	<b>1034,012</b>

Pada Tabel IV. 10 dapat dilihat bahwa total *lightweight* (LWT) dari *self-propelled barge* ini adalah 1034,012 ton.

#### IV.6.8. Perhitungan DWT

Komponen DWT kapal ini terdiri dari berat muatan kapal (*crude palm oil*), berat *crew* dan barang bawaannya, berat *fresh water*, berat bahan bakar, dan berat minyak pelumas. Bahan Bakar *self-propelled barge* ini terdiri dari *liquefied natural gas* (LNG) dan *marine diesel oil* (MDO) untuk pemenuhan kebutuhan dari mesin induk serta mesin pendukung. Perhitungan berat bahan bakar dihitung dengan mengalikan antara kebutuhan bahan bakar mesin per kWh dengan nilai dari daya mesin dan jumlah waktu yang dibutuhkan *self-propelled barge* dalam satu kali perjalanan. Berat minyak pelumas juga dapat diketahui dengan mengalikan antara kebutuhan minyak pelumas mesin per kWh dengan daya mesin dan jumlah waktu yang dibutuhkan *self-propelled barge* dalam satu kali perjalanan. Sementara untuk *berat fresh water* dapat diketahui dengan mengalikan kebutuhan air tawar untuk masing-masing orang dikapal per hari dengan jumlah *crew* dan waktu yang dibutuhkan *self-propelled barge* dalam satu kali perjalanan. Hasil perhitungan berat DWT kapal dapat dilihat dalam Tabel IV. 11.

Tabel IV. 11 Hasil Perhitungan DWT

Hasil Perhitungan DWT		
Nama	Nilai	Satuan
<i>Payload</i>	2400	ton
<i>Crew</i>	1,2	ton
<i>Fuel gas (LNG)</i>	7,512	ton
<i>Marine Diesel Oil (MDO)</i>	12,321	ton
<i>Lubrication Oil</i>	0,038	ton
<i>Fresh water</i>	40,39	ton
<i>Provision &amp; store</i>	0,235	ton
<b>Total DWT</b>	<b>2461,695</b>	<b>ton</b>

Pada Tabel IV. 11 dapat dilihat bahwa total *deadweight* (DWT) dari *self-propelled barge* ini adalah 2461,695 ton. Untuk jumlah *crew* yang ada dalam *self-propelled barge* ini yaitu sebanyak 16 orang dengan rincian yang dapat dilihat pada Tabel IV. 12.

Tabel IV. 12 Rincian *Crew*

<b>Posisi</b>	<b>Jumlah</b>
<b>Main deck</b>	
<i>Chief Cook</i>	1
<i>Assistant Cook</i>	1
<i>Seaman</i>	1
<i>Oiler</i>	2
<i>Electrician</i>	1
<i>Cadet</i>	2
<i>Steward</i>	1
<i>Piping</i>	1
<b>Boat Deck</b>	
<i>Chief Engineer</i>	1
<i>Second Engineer</i>	1
<i>Second Officer</i>	1
<i>Third Officer</i>	1
<b>Bridge Deck</b>	
<i>Captain</i>	1
<i>Chief Officer</i>	1
<b>Total</b>	<b>16</b>

#### **IV.6.9. Hasil Perhitungan Titik Berat Kapal**

Hasil perhitungan titik berat kapal dibagi menurut DWT dan LWT dari kapal. Perhitungan letak titik berat dari komponen-komponen DWT didapat dari letak tiap-tiap tangki pada kapal. Komponen-komponen tersebut termasuk *payload*, *fuel oil tank*, *fuel gas tank*, *fresh water tank*, serta *crew*. Perhitungan letak titik berat dari komponen-komponen LWT didapat dari letak tiap-tiap item *lightweight* kapal. Komponen-komponen tersebut termasuk permesinan, *equipment* dan *outfitting*, serta titik berat struktur kapal itu sendiri. Hasil perhitungan titik berat dari *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 13.

Tabel IV. 13 Hasil Perhitungan Titik Berat Kapal

<b>Total Weight and Total Centers Estimation</b>		
Item	Nilai	Satuan
<b>1. Lightweight (LWT)</b>		
• <b>Steel Weight</b>		
$W_{ST}$	784,241	ton
$KG_{ST}$	3,489	m
$LCG_{ST}$ (AP)	35,656	m
• <b>Equipment &amp; Outfitting Weight</b>		
$W_{E\&O}$	190,083	ton
$KG_{E\&O}$	6,913	m
$LCG_{E\&O}$ (AP)	19,467	m
• <b>Machinery Weight</b>		
$W_M$	59,687	ton
$KG_M$	2,51	m
$LCG_M$ (AP)	10,2	m
<b>Total LWT</b>	<b>1034,012</b>	<b>ton</b>
<b>2. Deadweight (DWT)</b>		
• <b>Consumable Weight</b>		
$W_{consum=}$	61,695	ton
$KG_{consum=}$	4,852	m
$LCG_{consum}$ AP=	4,616	m
• <b>Payload</b>		
$W_{payload}$	2400	ton
$KG_{Payload}$	3,114	m
$LCG_{Payload}$ (AP)	38,031	m
<b>Total DWT</b>	<b>2461,695</b>	<b>ton</b>
<b>Total Weight &amp; Centers</b>		
<b>Total weight (LWT+DWT)</b>	<b>3495,706</b>	<b>ton</b>
<b>KG Total</b>	<b>3,425</b>	<b>m</b>
<b>LCG Total (AP)</b>	<b>35,424</b>	<b>m</b>

Pada Tabel IV. 13 dapat dilihat bahwa nilai *keel centre of gravity* (KG) *self-propelled barge* ini ialah 3,425 m diatas *baseline*, sedangkan nilai *longitudinal centre of gravity* (LCG) nya ialah 35,424 m didepan AP. Detail perhitungan titik berat *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Lampiran B.

#### IV.6.10. Koreksi Displacement

Setelah mendapatkan total berat dari LWT dan DWT maka harus dilakukan pemeriksaan kembali dengan *displacement* kapal sesuai dengan rumusnya yaitu

$$Displacement = LWT + DWT$$

Syarat selisih antara total LWT + DWT dengan *displacement* yang digunakan pada koreksi ini adalah tidak lebih dari 10%. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel IV. 14.

Tabel IV. 14 Hasil Koreksi *Displacement*

Komponen	Nilai
<i>Deadweight (DWT)</i>	2461,695 ton
<i>Lightweight (LWT)</i>	1034,012 ton
<i>DWT + LWT</i>	3495,706 ton
<i>Displacement</i>	3786,41 ton
Selisih	10%

Dari hasil perhitungan yang dapat dilihat pada Tabel IV. 14, didapatkan margin berat kapal sebesar 10%. Margin maksimal berat kapal yang diijinkan adalah 10%, sehingga perhitungan berat kapal diterima.

#### IV.6.11. Perhitungan Kapasitas Ruang Muat

Volume muatan yang akan diangkut harus dibandingkan dengan volume ruang muat yang tersedia. Volume muatan diperoleh dari *payload* kapal dibagi dengan massa jenis CPO. Sedangkan volume ruang muat yang tersedia diperoleh dari perkalian panjang ruang muat, lebar ruang muat yang telah dikurangi *double skin*, dan tinggi ruang muat setelah dikurangi tinggi *double bottom*. Volume ruang muat ini juga termasuk volume yang terdapat pada *upper deck*, dimana pada *self-propelled barge* ini direncanakan memiliki *camber* dengan ketinggian B/50 yaitu 0.32 m. Kapasitas ruang muat *self-propelled barge* yang didesain harus memiliki margin sebesar 0-5% terhadap volume muatan yang harus diangkut. Hasil perhitungan kapasitas ruang muat *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 15

Tabel IV. 15 Hasil Perhitungan Kapasitas Ruang Muat

Hasil Perhitungan Kapasitas Ruang Muat		
Komponen	Nilai	Satuan
Panjang ruang muat (Lrm)	43,7	m
Lebar ruang muat (Brm)	14,02	m
Tinggi ruang muat (Hrm)	4,03	m
Volume ruang muat pada <i>camber</i>	142,864	m <sup>3</sup>
Total Volume ruang muat	2608,696	m <sup>3</sup>
<i>Payload</i>	2400	ton
Massa Jenis CPO	0.92	ton/m <sup>3</sup>
Volume muatan yang dibawa	2608.696	m <sup>3</sup>
Selisih	0	m <sup>3</sup>
Margin	0	%

Pada Tabel IV. 15 dapat dilihat bahwa margin dari kapasitas ruang muat yang didesain untuk *self-propelled barge* ini terhadap volume muatan yang akan dibawa ialah sebesar 0%, lebih kecil dari margin yang disyaratkan. Detail perhitungan kapasitas ruang muat *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Lampiran B.

#### IV.6.12. Perhitungan *Tonnage*

Perhitungan tonase kapal dilakukan dengan menghitung tonase kotor (*Gross Tonnage*) dan tonase bersih (*Net Tonnage*) kapal. Besarnya tonase kapal dihitung berdasarkan *International Convention on Tonnage Measurement of Ships 1969*. Untuk perhitungan tonase secara keseluruhan dapat dilihat di Lampiran B, sedangkan hasil perhitungannya adalah sebagai berikut:

##### 1. *Gross Tonnage*

*Gross tonnage* (GT) merupakan ukuran volume ruangan kapal yang tertutup secara keseluruhan, mulai dari ruangan kapal dibawah geladak cuaca ( $V_U$ ) sampai ruangan bangunan atas kapal ( $V_H$ ). Hasil perhitungan *gross tonnage self-propelled barge* ini ialah sebagai berikut:

- Volume ruangan tertutup di bawah geladak cuaca ( $V_U$ )  
 $V_U = 5198,419 \text{ m}^3$
- Volume ruangan tertutup di atas geladak cuaca ( $V_H$ )  
 $V_H = 1546,1 \text{ m}^3$
- Total volume ruangan tertutup ( $V$ )  
 $V = V_U + V_H = 6744,52 \text{ m}^3$
- $K_1 = 0,2 + 0,02 \log V$   
 $= 0,28$
- $GT = K_1 \times V$   
 $= 1865,39$

##### 2. *Net Tonnage*

*Net Tonnage* (NT) adalah volume ruang muat kapal ( $V_C$ ) dengan memperhitungkan jumlah orang dalam kapal. Hasil perhitungan *net tonnage self-propelled barge* ini ialah sebagai berikut:

- Volume ruang muat ( $V_C$ )  
 $V_C = 2608,696 \text{ m}^3$
- $K_2 = 0,2 + 0,02 \log V_C$   
 $= 0,268$
- $K_3 = 1,25 \times \frac{GT+10000}{10000}$   
 $= 1,483$
- $NT = K_2 \times V_C \times \left(\frac{4d}{3D}\right)^2 + K_3 \times (N1 + \frac{N2}{10})$

$$= 693,306$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan *gross tonnage* sebesar 1865,39 GT dan *net tonnage* sebesar 693,306 NT.

#### IV.6.13. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul atau *freeboard* merupakan daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan, baik keselamatan *crew*, muatan, dan kapal itu sendiri. Besarnya nilai *freeboard* diukur dari jarak secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. Dalam peraturan, perhitungan nilai *freeboard* dibedakan menjadi dua tipe sesuai dengan jenis dan kriteria kapal. *Dual fuel self-propelled barge* ini merupakan kapal tipe A (muatan cair). Hasil perhitungan lambung timbul *self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 16.

Tabel IV. 16 Koreksi *Freeboard*

Komponen Koreksi		<i>Freeboard</i>	
<i>Freeboard</i> Standard	Fb 1	656,42	mm
Fb koreksi Cb	Fb 2	762,06	mm
Fb Koreksi <i>Depth</i>	Fb 3	860,59	mm
Fb Koreksi SuperSt.	Fb 4	-147,70	mm
<b>Total <i>Freeboard</i> min</b>	<b>Fb'</b>	<b>712,88</b>	<b>mm</b>

Dari Tabel IV. 16 dapat diketahui hasil perhitungan *freeboard* minimal kapal adalah sebesar 713 mm atau 0,713 m. Pada ukuran utama kapal telah ditentukan tinggi kapal (H) sebesar 5,13 m dan sarat kapal (T) sebesar 3,81 m sehingga dapat diketahui *freeboard* sebenarnya kapal, yaitu sebesar 1,32 m (H-T). Besar *freeboard* sebenarnya kapal (1,32 m) lebih besar dibandingkan dengan *freeboard* minimal (0,713 m) sehingga ukuran *freeboard* kapal telah memenuhi pemeriksaan *freeboard*. Perhitungan lambung timbul secara rinci dapat dilihat pada Lampiran B.

#### IV.6.14. Penentuan *Loadcase*

*Loadcase* ditentukan berdasarkan kondisi kapal untuk setiap pelayaran atau rute. Setiap rute memiliki jarak pelayaran dan kebutuhan bahan bakar yang berbeda-beda. Penentuan *loadcase* untuk *self-propelled barge* ini ialah sebagai berikut:

- *Loadcase* I adalah tangki muatan berisi 100% dan tangki *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas, dan air tawar) berisi 100%
- *Loadcase* II adalah tangki muatan berisi 100% dan tangki *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas, dan air tawar) berisi 50%

- *Loadcase* I adalah tangki muatan berisi 100% dan tangki *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas, dan air tawar) berisi 10%
- *Loadcase* I adalah tangki muatan kosong (0%) dan tangki *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas, dan air tawar) berisi 100%
- *Loadcase* I adalah tangki muatan kosong (0%) dan tangki *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas, dan air tawar) berisi 50%
- *Loadcase* I adalah tangki muatan kosong (0%) dan tangki *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas, dan air tawar) berisi 10%

#### IV.6.15. Perhitungan Trim

*Trim* adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi di mana sarat belakang  $T_b$  dan sarat depan  $T_a$  adalah sama. *Trim* terbagi dua yaitu:

1. *Trim* haluan
2. *Trim* buritan

Adapun batasan untuk *trim* didasarkan pada selisih harga mutlak antara LCG dan LCB dengan batasan  $\leq 0,5\%$  Lpp. Hasil perhitungan & pemeriksaan *trim self-propelled barge* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 17.

Tabel IV. 17 Hasil Perhitungan Trim

No.	Loadcases	Batasan (m)	Nilai (m)	Status
1	LC 1	0,331	0,167	Diterima
2	LC 2	0,331	0,166	Diterima
3	LC 3	0,331	0,199	Diterima
4	LC 4	0,331	0,153	Diterima
5	LC 5	0,331	0,191	Diterima
6	LC 6	0,331	0,026	Diterima

Pada Tabel IV. 17 dapat dilihat bahwa kondisi trim *self-propelled barge* untuk 6 jenis *loadcase* yang ditentukan telah memenuhi kriteria batasan trim yang diizinkan. Hasil perhitungan trim secara rinci dapat dilihat pada Lampiran B.

#### IV.6.16. Perhitungan Stabilitas

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standard keselamatan pelayaran *Safety of Life at Sea* (SOLAS) yang diatur oleh *International Maritime Organization* (IMO). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan



*software* Maxsurf Stability Enterprise Education Version. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah *IS Code 2008*. Tabel IV. 18 merupakan rangkuman hasil perhitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya. Hasil perhitungan stabilitas secara rinci dapat dilihat pada Lampiran B.

Tabel IV. 18 Hasil Perhitungan Stabilitas

Data	LC I	LC II	LC III	LC IV	LC V	LC VI	Kriteria IMO	Kondisi
$e_{0-30^\circ}$ (m.deg)	34,459	31,633	33,683	53,185	53,111	53,776	$\geq 3.1513$	<b>Diterima</b>
$e_{0-40^\circ}$ (m.deg)	55,689	50,899	54,637	83,565	83,396	84,332	$\geq 5.1566$	<b>Diterima</b>
$e_{30-40^\circ}$ (m.deg)	21,230	19,266	20,954	30,38	30,285	30,556	$\geq 1.7189$	<b>Diterima</b>
$h_{30^\circ}$ (m.deg)	2,159	1,953	2,140	3,053	3,043	3,069	$\geq 0.2$	<b>Diterima</b>
$\theta_{\max}$ (deg)	38,2	37,3	39,1	36,4	36,4	36,4	$\geq 25$	<b>Diterima</b>
$GM_0$ (m)	4,738	4,395	4,692	7,017	7,010	7,111	$\geq 0.15$	<b>Diterima</b>

Keterangan:

- $e_{0-30^\circ}$  adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai  $30^\circ$  sudut oleng,
- $e_{0-40^\circ}$  adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai  $40^\circ$  sudut oleng,
- $e_{30-40^\circ}$  adalah luasan bidang yang terletak di bawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng  $30^\circ$  dan  $40^\circ$
- $h_{30^\circ}$  adalah lengan statis (GZ) pada sudut oleng  $> 30^\circ$ .
- $\theta_{\max}$  adalah sudut dimana lengan stabilitas statis (GZ) maksimum terjadi.
- $GM_0$  adalah tinggi metacentre (MG) pada sudut oleng  $0^\circ$ .

## IV.7. Dual Fuel Engine

### IV.7.1. Pemilihan Mesin Dual Fuel

Berdasarkan hasil perhitungan propulsi pada subbab IV.6.3., sebesar 988,034, maka dapat dilakukan pencarian katalog mesin yang sesuai dengan kebutuhan daya propulsi kapal. Mesin *Dual Fuel* yang dipilih sesuai kebutuhan daya propulsi *self-propelled barge* ini ialah Wartsila tipe 6L20DF. Spesifikasi *dual fuel engine* ini dapat dilihat pada Tabel IV. 19.

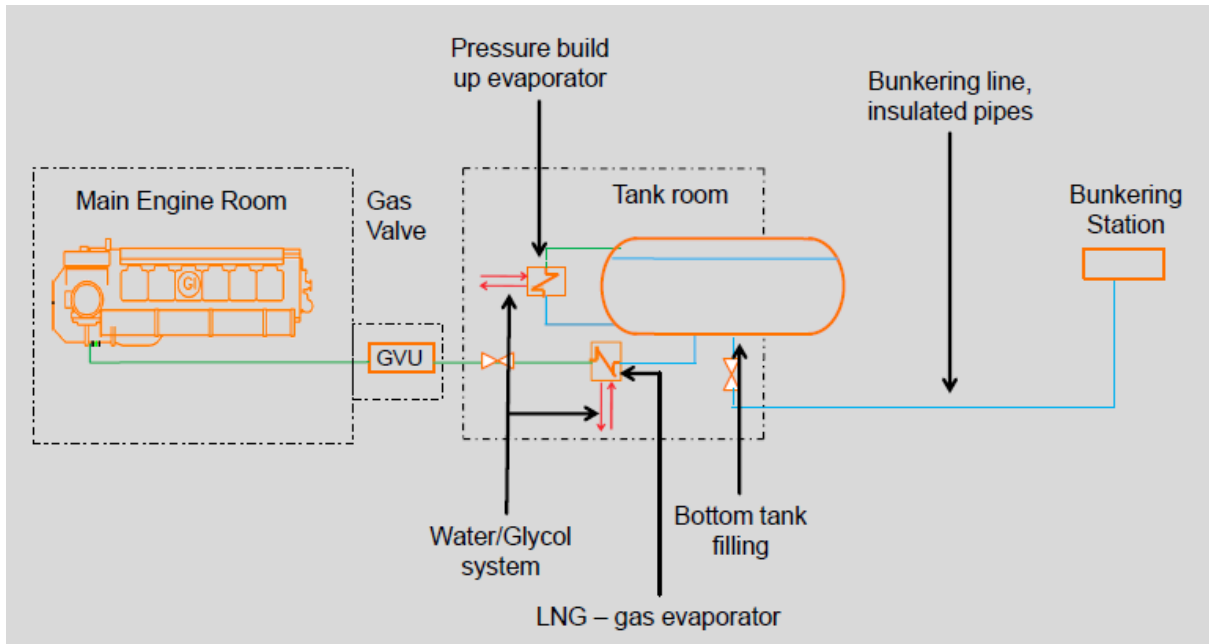
Tabel IV. 19 Spesifikasi Mesin Induk

Spesifikasi Mesin Induk	
Tipe Mesin	Wartsila 6L20DF
Daya	1110 kW
RPM	1200
Panjang	3,383 m
Lebar	1,69 m
Tinggi	2,391 m
Berat Bersih	9,5 ton
Konsumsi LNG	9090 kJ/kWh
	$1,7477 \times 10^{-4}$ ton/kWh
<i>Pilot Fuel/Fuel Oil Consumption (LNG Mode)</i>	5,6 g/kWh
<i>Fuel Oil Consumption (Diesel Mode)</i>	197,5 g/kWh
<i>Lubrication Oil Consumption</i>	0,4 g/kWh

Pada Tabel IV. 19 didapatkan spesifikasi mesin yang memenuhi daya propulsi dari *self-propelled barge* ini. Tipe mesin utama (*main engine*) ini ialah Wartsila 6L20DF yang merupakan *dual fuel engine* yang menggunakan bahan bakar berupa LNG maupun *fuel oil* seperti MDO/HFO.

#### IV.7.2. Gas Supply System

*Gas supply system* merupakan sistem yang direncanakan untuk memenuhi kebutuhan yang diperlukan *engine* selama *engine* beroperasi pada beban yang bervariasi. Pada penelitian ini telah diketahui bahwa kebutuhan gas dalam fase *liquid* (LNG) untuk operasi *engine* ini ialah sebesar  $17,1 \text{ m}^3$ . Proses *supply* LNG ini dapat dilihat pada Gambar IV. 5.



Sumber: Wartsila, 2015  
Gambar IV. 5 Gas Supply System

Proses dari *gas supply system* dimulai dari *LNG storage tank*, dimana *natural gas* berada pada fase *liquid*. Pada *self-propelled barge* ini, LNG tank yang akan dipasang ialah *independent tank type C*. Berdasarkan *IGF Code*, LNG tank dapat diletakkan pada geladak terbuka maupun geladak tertutup. Pada kapal ini, LNG tank akan diletakkan diatas *main deck* tepatnya didepan *poop deck*. Pada daerah didekat LNG tank ini perlu dipasang beberapa sistem yaitu (Rachow, Loest, Sitinjak, 2017):

- *Fill connection.*

Fungsi dari *fill connection* ialah untuk menyediakan sebuah *connecting point* ke *refuelling station LNG Tank*. *Filling connection system* juga harus dipasang dengan *liquid phase non return valve*. Fungsi dari *valve* tersebut ialah untuk mencegah *backflow* yang melalui *fill line*.

- *Water spray system*

*Water spray system* ini berfungsi untuk mensuplai air dalam hal pendinginan (*cooling*) dan pencegahan kebakaran (*fire prevention*) dari *LNG Tank*.

- *Pressure and level indicator*

Fungsinya ialah untuk mencegah terjadinya *over pressure* dan *liquid full* dari tangki LNG. Dimana *storage tank* untuk *liquid gas* tidak boleh diisi melebihi 95% dari kapasitas tank, serta *maximum pressure* nya ialah 10 bar didalam tangki.

- *Venting system*

Pada LNG Tank ini dipasang *pressure relief valve* yang berfungsi untuk mengatur *pressure* dari LNG agar tidak melebihi tekanan kerja yang diizinkan. Adapun *maximum allowable working pressure* yang digunakan ialah 10 bar.

LNG dari LNG *storage tank* ini akan dibawa ke *vaporizer* menggunakan *low pressure pump*. *Vaporizer* berfungsi untuk mengubah natural gas dari fase *liquid* ke fase gas dengan prinsip perpindahan panas (*heat exchange*). Sumber panas dapat diproduksi dari *engine fresh water cooling, exhaust gas, and electric systems*. Pada bagian *outlet vaporizer* natural gas telah berganti fase dari *liquid* menjadi fase gas.

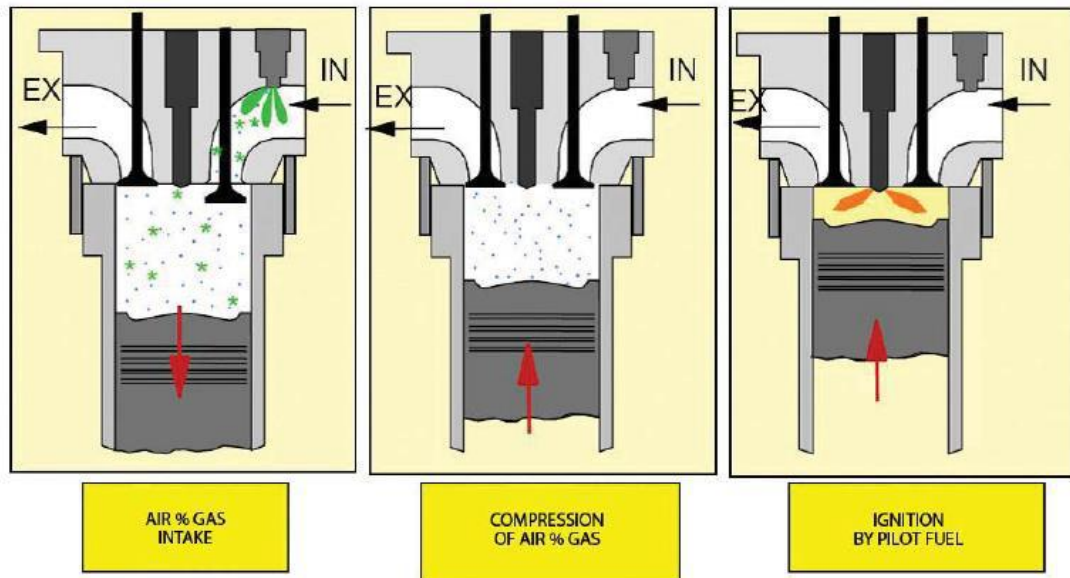
Setelah LNG berubah fase menjadi gas, gas akan melalui *gas valve unit* (GVU) dimana GVU akan mengatur *pressure* dan temperatur dari gas. Pada setiap sambungan pipa pada ruangan terbuka (*open spaces*) akan digunakan *double wall pipe*. Setelah melalui *gas valve unit* (GVU), bahan bakar gas akan masuk ke *dual fuel engine* (Rachow, Loest, Sitingjak, 2017).

#### **IV.7.3. Proses Pembakaran dan Karakteristik Dual Fuel Engine**

*Dual fuel engine* adalah mesin yang dapat menggunakan *natural gas* dan *marine diesel oil/heavy fuel oil* sebagai bahan bakar. Tidak seperti *liquid fuel* yang bersifat *self-ignited* dibawah tekanan dalam *cylinder engine*, *methane* yang merupakan komponen utama dari *natural gas* tidak dapat mengalami proses pembakaran sendiri (*self-ignited*), sehingga proses pembakarannya dipicu oleh *liquid fuel*. *Dual fuel engine* dapat beroperasi secara efisien baik dengan LNG maupun MDO dan menghasilkan *output power* yang sama pada kedua mode. *Engine* ini mampu untuk berganti dari satu bahan bakar ke yang lainnya selama operasi ketika beban dalam beban (*load*) yang bervariasi.

Ketika berjalan pada mode gas, *dual fuel engine* bertindak sesuai dengan prinsip *Otto Cycle*. Pada mode gas, gas dimasukkan ke *cylinder engine* bersamaan dengan pembakaran udara selama *intake stroke*. Gas ini dicampur dengan udara dalam *inlet channel* di *cylinder engine*. Campuran dari gas dan udara kemudian dikompresi dan dibakar dengan sejumlah kecil *diesel pilot fuel* pada akhir *compression stroke* seperti yang dapat dilihat pada Gambar IV. 6. Waktu injeksi *pilot fuel* diatur secara teliti untuk menghasilkan api untuk penyalan gas pada saat yang tepat. Konsumsi *pilot fuel* ini kurang dari 1 % dari konsumsi bahan bakar utama pada *full load*. Setelah itu gas menyala dan terbakar, mendorong piston ke bawah seperti pada mesin diesel konvensional di mana tenaga dihasilkan oleh pembakaran bahan bakar cair. Seluruh fungsi dari *engine* dikontrol dengan *Wartsila Engine Control System 8000*

(WECS 8000). *Wartsila engine control system 8000* (WECS 8000) akan memonitor dan mengontrol operasi keselamatan, kecepatan *engine*, kontrol bahan bakar, dan fungsi otomatisasi relevan lainnya. Pada *diesel mode*, *engine* beroperasi sesuai dengan prinsip *conventional diesel*. (Dvornik, 2014).



Sumber: Dvornik, 2014

Gambar IV. 6 Proses Pembakaran Bahan Bakar pada Mode Gas

#### IV.7.4. Pengurangan Emisi pada Penggunaan LNG sebagai Bahan Bakar

Mayoritas kapal yang beroperasi di dunia menggunakan bahan bakar minyak (diesel) dengan kandungan sulfur di atas batas emisi sulfur tingkat global yang direncanakan di masa depan (tahun 2020). Bahan bakar diesel dengan kandungan sulfur tinggi umumnya disebut sebagai bahan bakar residu (*residual fuel*), seperti *heavy fuel oil*. Pada bahan bakar diesel terdapat kandungan sulfur yang dilepaskan ke atmosfer sebagai sulfur oksida ( $SO_x$ ) setelah bahan bakar mengalami proses pembakaran pada *engine*. Jumlah emisi ini tergantung dari kandungan sulfur pada bahan bakar. Pengurangan emisi  $SO_x$  dan emisi lainnya dapat dicapai dengan penggunaan *diesel fuel* dengan konten sulfur yang rendah (dibawah 0,5 %), *exhaust gas treatment system*, atau penggunaan bahan bakar alternatif seperti *liquefied natural gas* (LNG) dengan kandungan sulfur yang sangat rendah atau bisa diabaikan (International Maritime Organization, 2016).

Manfaat lingkungan menggunakan LNG sebagai bahan bakar sangat signifikan. Dibandingkan dengan penggunaan bahan bakar diesel, penggunaan LNG akan mengurangi emisi  $NO_x$  sekitar 90% pada mesin berbahan bakar gas dengan prinsip *lean burn*, emisi  $SO_x$  & *particle matters* (PM) hingga 100% (dapat diabaikan) tanpa memerlukan teknologi

pengurangan emisi apa pun, dan emisi CO<sub>2</sub> hingga 20% dibandingkan *diesel fuel* konvensional (International Maritime Organization, 2016).

Emisi SO<sub>x</sub> yang terbentuk tergantung dari konten sulfur pada bahan bakar. Pada *natural gas*, kandungan sulfur sangat kecil, sehingga emisi SO<sub>x</sub> dapat diabaikan. NO<sub>x</sub> yang terbentuk selama proses pembakaran merupakan fungsi dari suhu dan tekanan pada daerah sekitar pembakaran. Pada *engine* dengan siklus diesel, proses pembakaran terjadi dengan temperatur yang sangat tinggi sehingga mengakibatkan tingginya konten dari emisi NO<sub>x</sub>. Secara umum semakin tinggi temperatur dari proses pembakaran, akan semakin tinggi konten emisi NO<sub>x</sub> (International Maritime Organization, 2016). Pada saat *engine* beroperasi pada mode gas dengan prinsip *Otto cycle*, emisi NO<sub>x</sub> yang dihasilkan lebih rendah daripada pengoperasian mode diesel yang menggunakan bahan bakar minyak konvensional. Hal ini dikarenakan pada saat proses pembakaran bahan bakar gas pada *engine* dilakukan dengan prinsip *lean burn* pada campuran gas dan udara pada *cylinder engine*, dimana kandungan udara lebih banyak dibandingkan gas sehingga menghasilkan temperatur yang lebih rendah, yang pada akhirnya menghasilkan emisi NO<sub>x</sub> yang lebih rendah (Dvornik, 2014). Emisi CO<sub>2</sub> berhubungan dengan konten karbon pada bahan bakar dan banyaknya bahan bakar yang dikonsumsi. Emisi CO<sub>2</sub> dapat dikurangi dengan efisiensi bahan bakar yang lebih baik atau dengan peningkatan keseluruhan desain kapal dan efisiensi operasi (manajemen trim, pemilihan rute, pengurangan kecepatan, perbaikan bentuk lambung kapal, dan lain-lain). Penggunaan *natural gas* pada bahan bakar menghasilkan pengurangan jumlah emisi CO<sub>2</sub> dibandingkan dengan bahan bakar minyak dikarenakan konten karbon yang rendah pada *natural gas* (International Maritime Organization, 2016).

#### **IV.8. Skenario Sistem Penggerak Kapal**

*Dual fuel engine* selalu mulai beroperasi pada *diesel mode*. Ketika proses pembakaran pada *cylinder* telah stabil, *engine* diubah ke mode gas. Pada beban diatas 80% *engine* dapat diganti dari mode MDO ke mode gas. Prosedur ini dilakukan secara otomatis tanpa adanya perubahan beban (load) dari *engine*. Pada saat terjadi kegagalan dari proses *supply gas*, *engine* secara otomatis berganti ke mode *diesel*, tanpa kehilangan *power* dan kecepatan *engine*. Pada saat *engine load* menurun hingga dibawah 15% lebih dari 3 menit ketika dalam kondisi mode gas, *engine* secara otomatis akan berganti ke mode *diesel* (Dvornik, 2014). Dari pertimbangan ini maka penggunaan mode *diesel* (MDO) hanya akan digunakan ketika kapal akan mulai berangkat dari pelabuhan, saat akan sampai ke pelabuhan tujuan, dan ketika terjadi kegagalan

suplai dari bahan bakar gas. Mode gas akan digunakan selama kapal beroperasi dilaut dengan *engine load* diatas 80%. Skenario sistem penggerak kapal ini dapat dilihat pada Gambar IV. 7.

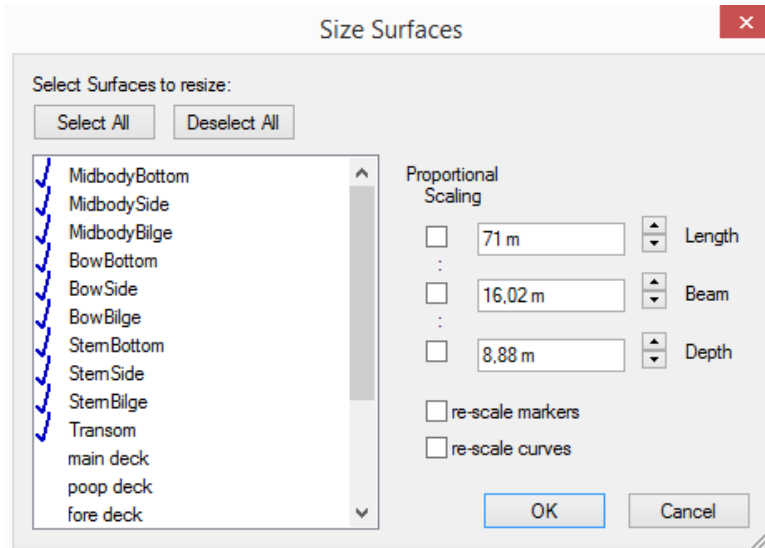


Gambar IV. 7 Skenario Penggerak *Dual Fuel Self-Propelled Barge*

#### IV.9. Pembuatan *Lines Plan*

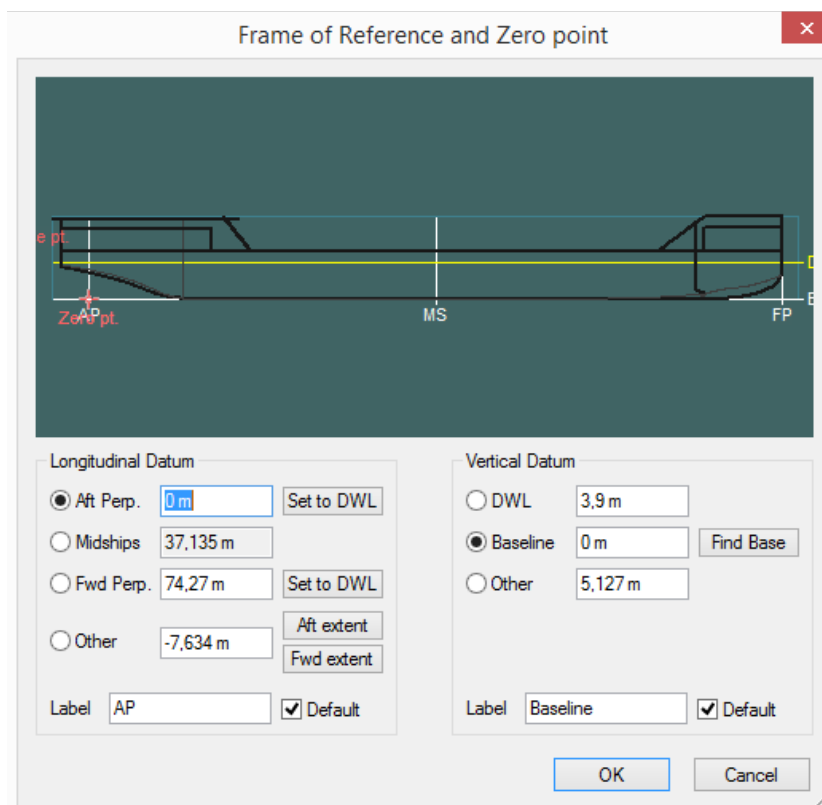
Proses pembuatan rencana garis (*lines plan*) *self-propelled barge* ini dibantu dengan menggunakan *software* Maxsurf Modeler. Pada awalnya digunakan *sample design* yang sudah ada, kemudian *sample design* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil perhitungan (memiliki ukuran utama, *displacement*, *C<sub>b</sub>*, *C<sub>p</sub>*, dan *LCB* yang sama) dan memiliki bentuk kapal yang bagus.

Langkah pertama ialah membuka *sample design* yang sudah ada, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* seperti pada Gambar IV. 8.



Gambar IV. 8 Menu *Size Surfaces*

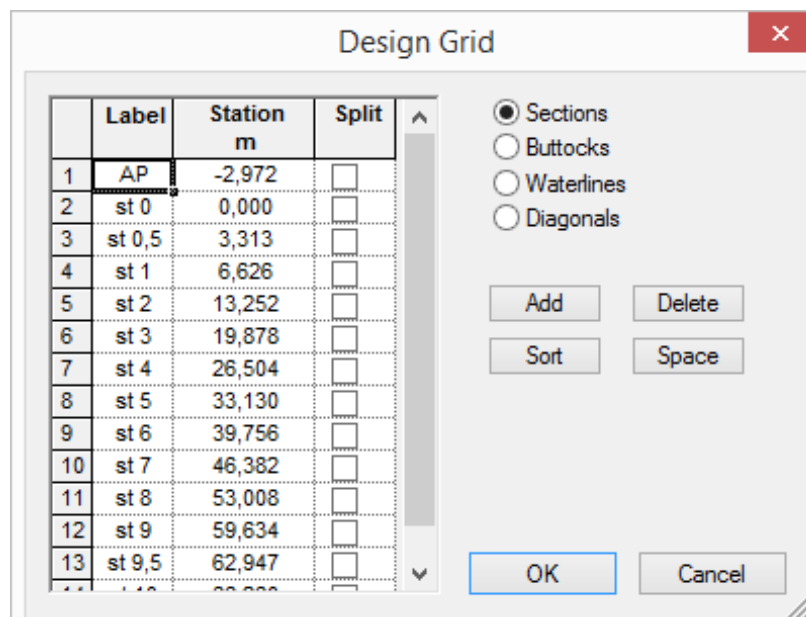
Pada Gambar IV. 8 ditunjukkan kotak dialog dari *size surface*. Untuk panjang diisi dengan Loa kapal, agar Lpp dapat sesuai dengan perhitungan. Lebar dan tinggi disesuaikan dengan hasil perhitungan. Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dan Lpp dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data > frame of reference* seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV. 9.



Gambar IV. 9 *Frame of Reference*



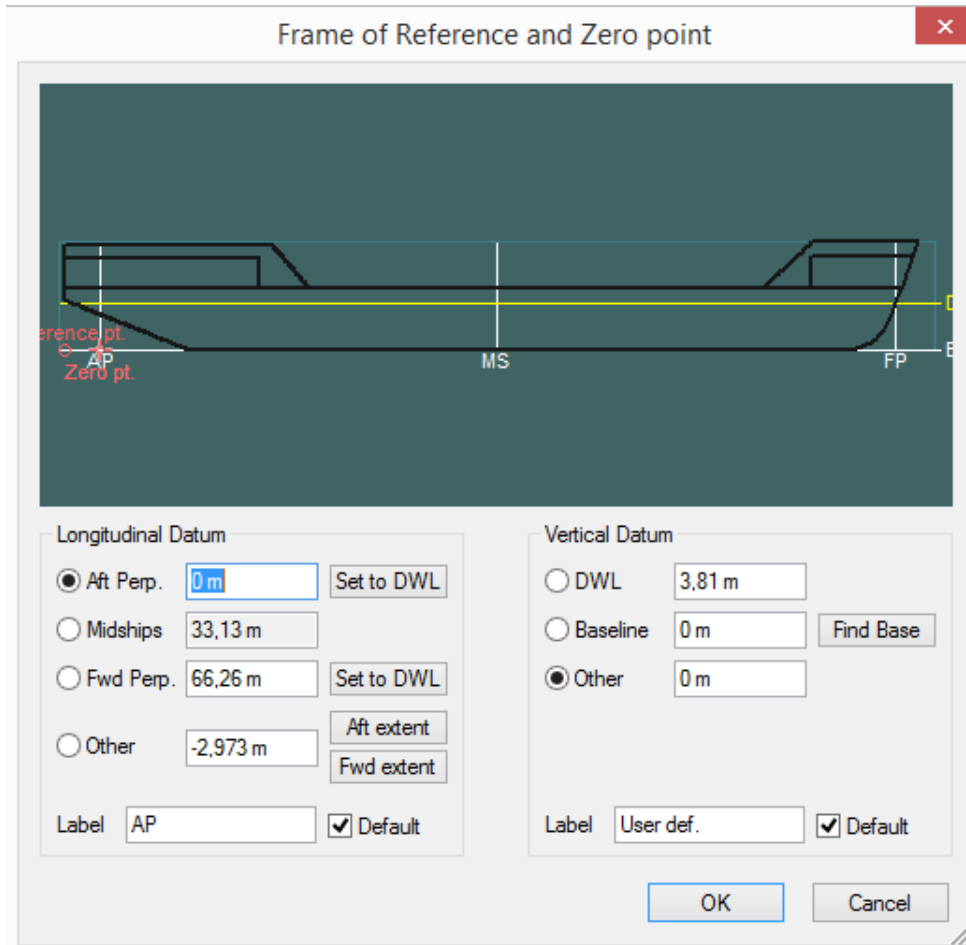
Pada Gambar IV. 9 ditunjukkan kotak dialog dari menu *frame of reference*. Pada langkah ini dilakukan penentuan *zero piont*. Pada perancangan ini *zero point* ditentukan pada *base line* di AP. Selanjutnya *zero point* tersebut diaplikasikan ke desain. Pada proses ini dilakukan juga penentuan sarat *self-propelled barge* dan penentuan panjang *perpendicular*. Langkah selajutnya ialah mengatur jumlah dan letak dari station, *buttock line* dan *water line*, caranya ialah dengan mengakses *menu data > design grid* dan akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV. 10.



Gambar IV. 10 Pengaturan Jumlah *Station*

Gambar IV. 10 merupakan kotak dialog dari menu *design grid*. Pada kotak dialog ini dilakukan penentuan jumlah *waterline*, *buttock line*, dan *station* sesuai yang diinginkan. Dengan memasukkan jumlah garis dan jarak antar garis pada *data-grid spacing*, maka bentuk *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* bisa terlihat dengan jelas.

Langkah berikutnya ialah menyesuaikan karakteristik model kapal (LCB, Cb, Cp, dan *displacement*) dari model yang dibuat dengan hasil perhitungan. Hal ini dapat dilakukan dengan mengubah posisi dari *control point* dari model ataupun menggunakan fitur *parametric transformation* pada Maxsurf. Pada proses ini digunakan fitur *parametric transformation*, caranya ialah dengan mengakses *menu data > parametric transformation* seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV. 11.



Gambar IV. 11 *Parametric transformation*

Gambar IV. 11 merupakan kotak dialog dari menu *parametric transformation*. Dengan fitur ini nilai-nilai koefisien, LCB dan *displacement* kapal dapat disesuaikan dengan hasil perhitungan. Nilai dari LCB,  $C_b$ ,  $C_p$ , dan *displacement* dimasukkan dan kemudian menekan “*search*” untuk menghasilkan bentuk lambung yang diinginkan.

Dari model tersebut juga bisa langsung diketahui bagaimana karakteristik badan kapal model. Pengecekan nilai hidrostatis dapat dilakukan dengan mengakses *menu data > calculate hydrostatic* seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV. 12. Dari sini akan tampak data-data hidrostatis dari model. Nilai yang muncul harus sama atau setidaknya mendekati nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatis telah sesuai maka model ini dapat langsung dilakukan *export* ke format *dxf* untuk diperbaiki dengan *software* Autocad.

Hydrostatics at DWL ✕

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	3862	t
2	Volume (displaced)	3767,786	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	3,810	m
4	Immersed depth	3,810	m
5	WL Length	68,493	m
6	Beam max extents o	16,020	m
7	Wetted Area	1573,025	m <sup>2</sup>
8	Max sect. area	61,036	m <sup>2</sup>
9	Waterpl. Area	1071,459	m <sup>2</sup>
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,901	
11	Block coeff. (Cb)	0,901	
12	Max Sect. area coeff	1,000	
13	Waterpl. area coeff.	0,976	
14	LCB length	33,775	from z
15	LCF length	32,098	from z
16	LCB %	49,311	from z
17	LCF %	46,864	from z
18	KB	1,962	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	5,877	m
21	BML	106,788	m
22	GMt corrected	7,838	m
23	GML	108,749	m
24	KMt	7,838	m
25	KML	108,749	m
26	Immersion (TPc)	10,982	tonne/c
27	MTc	63,385	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	528,313	tonne.

Density (water)

Std. densities

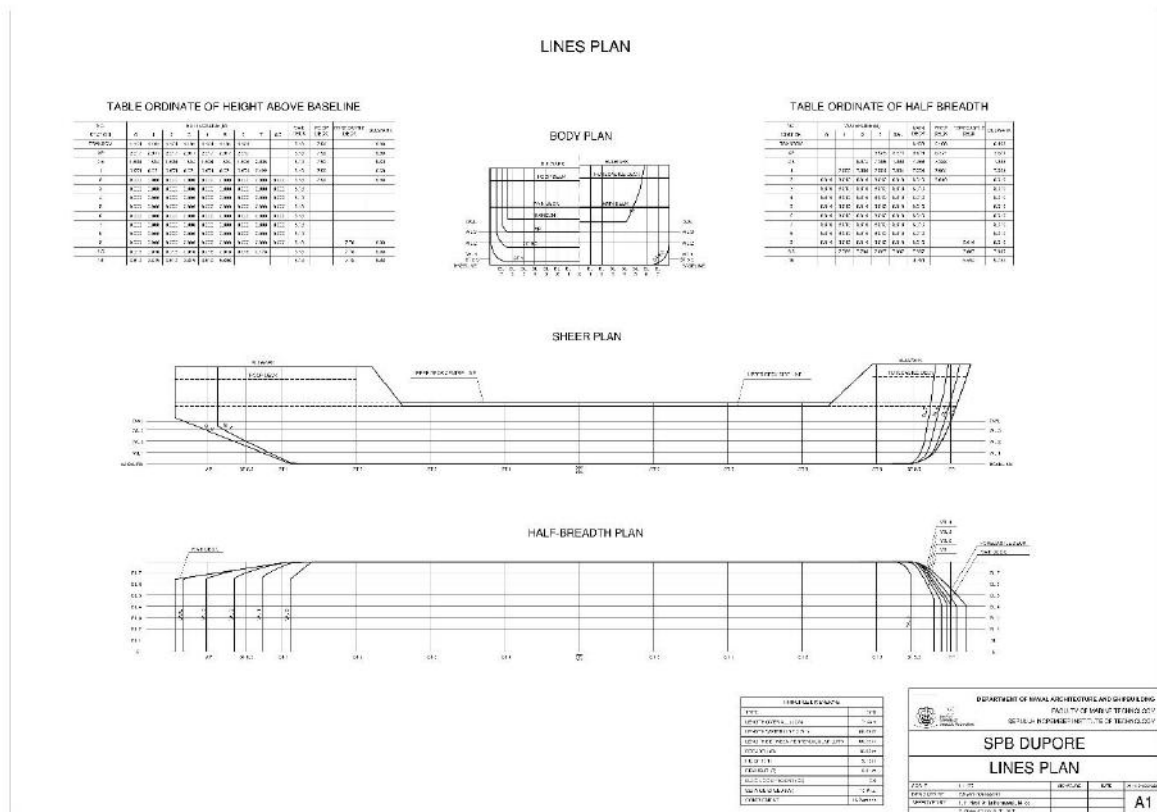
VCG

Gambar IV. 12 Data *Hydrostatic*

Dari Gambar IV. 12 dapat diketahui bahwa ukuran model telah sesuai dengan perhitungan. Dari perhitungan *displacement* adalah 3884 Ton, sedangkan *displacement* dari *model* maxsurf adalah 3862 Ton. Selisih antara keduanya adalah 22 Ton (0.57 %), ini masih dalam rentang batasan yaitu 1%. Maka secara umum model yang telah dibuat dapat dilanjutkan ke proses selanjutnya.

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file > export > DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klik *ok* dan *save file* baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model.

Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *halfbreadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu file *dwg* yang merupakan *output* dari *software* AutoCAD. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat. Gambar rencana garis dari *self-propelled barge* yang dirancang dapat dilihat pada Gambar IV. 13, dan untuk lebih lengkapnya dapat dilihat pada Lampiran E.



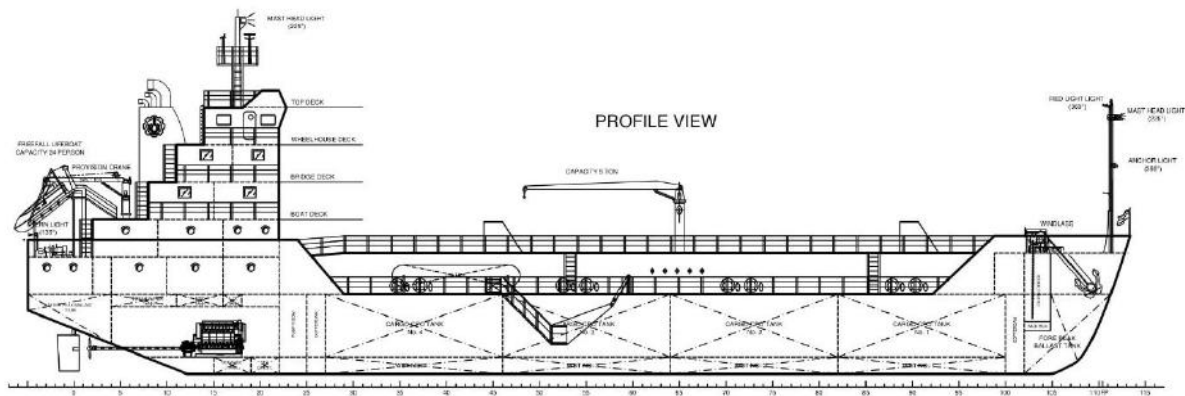
Gambar IV. 13 Lines Plan

#### IV.10. Pembuatan General Arrangement

Dari gambar *lines plan* yang sudah di buat, maka dapat dibuat pula gambar *general arrangement* dari *self-propelled barge* ini. *General arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *general arrangement* dilakukan dengan bantuan *software* AutoCAD 2016. Gambar *general arrangement self-propelled barge* secara lengkap dapat dilihat pada Lampiran F.

##### IV.10.1. Profile View

Pada pemodelan rencana umum dibuat proteksi *layout* kapal tampak samping. Jarak gading yang digunakan dalam desain *self-propelled barge* ini adalah 0,6 m. Hasil pemodelan rencana umum tampak samping dapat dilihat pada Gambar IV. 14 berikut.



Gambar IV. 14 *Profile View* dari *Self-Propelled Barge*

Pada proyeksi kapal tampak samping yang ditunjukkan pada Gambar IV. 14 dapat dilihat bahwa kapal memiliki 8 sekat melintang, yang terdiri dari 1 sekat buritan (sekat belakang kamar mesin), 1 sekat depan kamar mesin, 3 sekat ke depan ruang muat, 2 sekat *cofferdam*, dan 1 sekat tubrukan. Hal ini telah memenuhi persyaratan BKI dimana jumlah minimum sekat melintang kapal panjang  $65 < L \leq 85$  m dengan posisi permesinan dibelakang kapal ialah sebanyak 4 buah. Sekat tubrukan diposisikan pada jarak 5,2 m dari FP, hal ini telah memenuhi persyaratan BKI dimana dari hasil perhitungan didapat bahwa jarak maksimum sekat tubrukan ialah 6,31 m dari FP dan jarak minimalnya ialah 3,31 m dari FP.

*Self-propelled barge* pengangkut *crude palm oil* ini memiliki desain ruang muat yang mirip dengan kapal tanker. Untuk menjaga keamanan dan keselamatan, kapal ini juga dilengkapi dengan *double bottom* dan *double hull*. Tinggi *double bottom* ialah 1,1 m dan lebar masing-masing *double hull* adalah sebesar 1 m dan terdapat di sepanjang ruang muat. Besarnya tinggi *double bottom* dan *double bottom* ini telah memenuhi ketentuan MARPOL Annex I mengenai *oil pollution prevention*, dimana dari hasil perhitungan untuk desain *self-propelled barge* ini didapat bahwa tinggi minimal *double bottom* yang disyaratkan ialah 1,1 m dan lebar minimal *double hull* nya ialah 1 m.

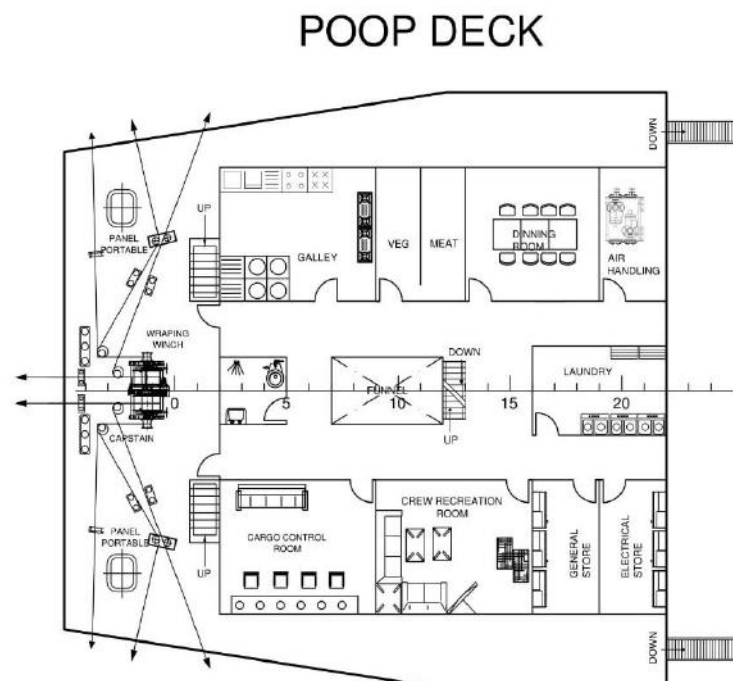
Pada proyeksi tampak samping ini juga dapat dilihat bahwa tangki LNG diletakkan diatas *main deck*. Peletakan tangki LNG ini diatur dalam *International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low Flash Point Fuels (IGF Code)*. Menurut *IGF Code*, tangki LNG dapat ditempatkan pada dek terbuka (*open deck*) atau geladak tertutup (*enclosed deck*). Pada *IGF Code* diatur mengenai posisi penempatan LNG tank dari *baseline* kapal dan dari sisi kapal. Penempatan ini bertujuan untuk melindungi tangki dari kerusakan mekanis seperti akibat *collision* dan *grounding*. Secara melintang tangki LNG harus diletakkan dengan jarak minimal sebesar  $B/5$  atau 11,5 m, yang mana yang paling kecil diukur dari sisi kapal ke

*centreline* pada ketinggian sarat kapal. Batas paling bawah tangki harus berada diatas jarak minimum  $B/15$  atau 2 m, yang mana yang paling kecil diukur dari pelat alas kapal pada *centreline*. Selain itu LNG tank juga disyaratkan untuk diletakkan dibelakang *collision bulkhead* untuk tipe kapal kargo (*cargo ship*). LNG tank pada *self-propelled barge* ini berjumlah dua tangki, dimana masing-masing tangki ditempatkan dengan jarak 5,63 m diatas *baseline* dan jarak dari sisi kapal ialah 4,51 m. Posisi LNG tank ini secara memanjang ialah berjarak 432,5 m dibelakang *collision bulkhead*. Sehingga dengan penempatan tersebut, posisi LNG tank ini telah memenuhi persyaratan IGF Code.

Selain itu juga dapat dilihat bahwa *self-propelled barge* ini memiliki 5 buah bangunan atas yaitu *poop deck*, *boat deck*, *bridge deck*, *navigation deck* dan *top deck*. *Self-propelled barge* ini juga memiliki 1 buah *totally enclosed freefall lifeboat* pada bagian buritan.

#### IV.10.2. Rumah Geladak (*Deckhouses*)

*Layout* rumah geladak pada rencana umum diproyeksikan tampak atas. Pada bagian ini pemodelan *layout* dilakukan pada setiap *layer* geladak. Geladak tersebut terdiri dari *poop deck*, *boat deck*, *bridge deck*, *navigation deck* dan *top deck* seperti pada Gambar IV. 15 sampai dengan Gambar IV. 19.

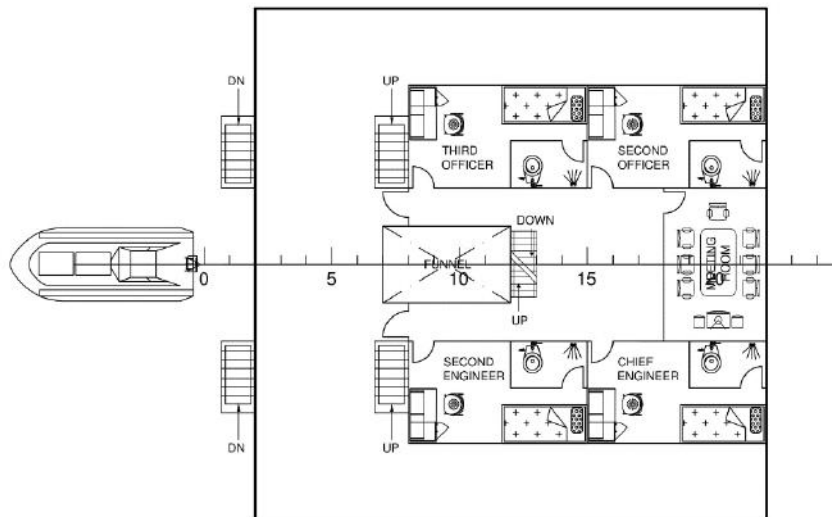


Gambar IV. 15 *Poop Deck*

Gambar IV. 15 merupakan *poop deck* pada *self-propelled barge* ini. Pada *deck* ini terdapat beberapa ruangan seperti *galley*, *cold store*, *dinning room*, *air handling room*, *crew*

*recreation room, general store & electrical store. Pada poop deck juga terdapat cargo control room dimana seluruh aktivitas peralatan pada ruang muat terpantau. Di bagian luar poop deck juga terdapat beberapa peralatan seperti provision crane, windlass dan mooring lines equipment.*

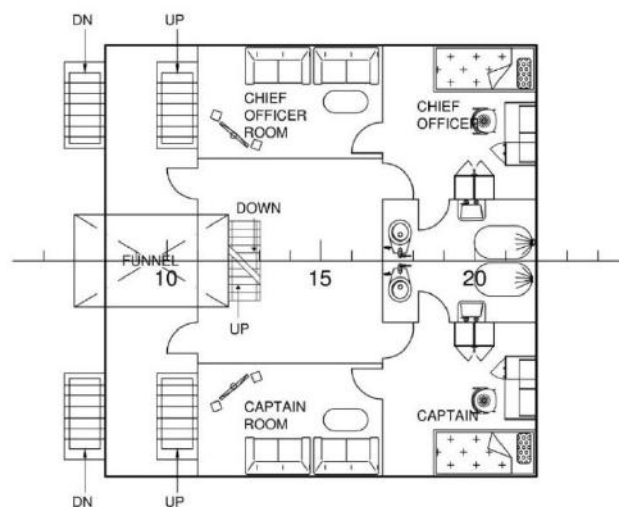
## BOAT DECK



Gambar IV. 16 Boat Deck

Gambar IV. 16 merupakan *boat deck* pada *self-propelled barge* ini. Deck ini berfungsi sebagai *deckhouse* yang berisi kamar tidur *ship's officer* seperti *second officer, third officer, first engineer* dan *second engineer*. Pada bagian belakang geladak ini dipasang *freefall lifeboat* dengan kapasitas 24 orang.

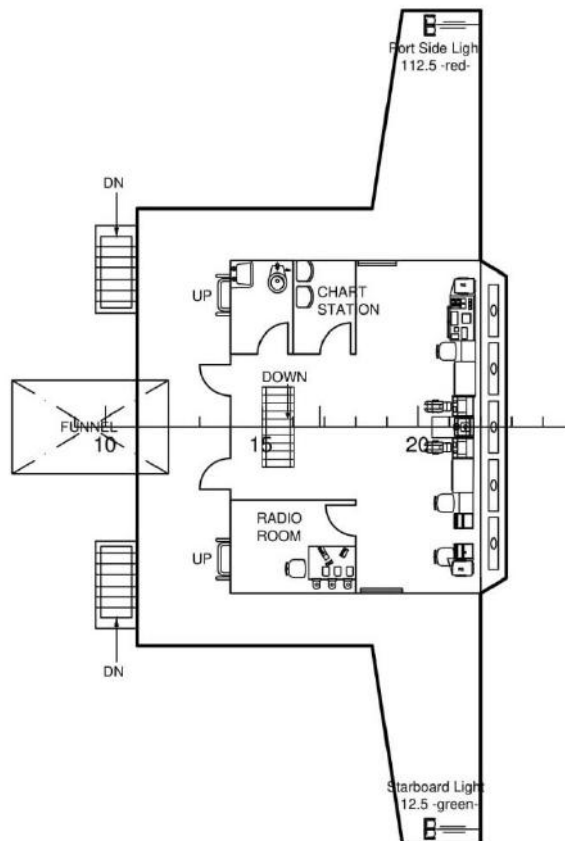
## BRIDGE DECK



Gambar IV. 17 Bridge Deck

Gambar IV. 17 merupakan *bridge deck* pada *self-propelled barge* ini. Pada bagian *bridge deck* secara umum adalah ruang akomodasi untuk kapten dan *chief officer* yang dilengkapi dengan *office room*, *rest room* (kamar tidur), dan kamar mandi.

## WHEELHOUSE DECK



Gambar IV. 18 *Navigation Deck*

Gambar IV. 18 merupakan *navigation deck* pada *self-propelled barge* ini. Deck ini berfungsi sebagai kantor utama para *ship's officer*. Pada *navigation deck* terdapat peralatan-peralatan yang berhubungan dengan navigasi dan komunikasi. Peralatan navigasi yang ada pada *navigation deck* ini contohnya ialah *navigation light* yang disesuaikan berdasarkan *COLREG-International Regulation for Preventing Collision at Sea – Rule 21-24 and 30*. Jenis *navigation light* pada deck ini ialah:

- *Portside light* yang berwarna merah dengan sudut  $112,5^\circ$
- *Starboard light* yang berwarna hijau dengan sudut  $112,5^\circ$

Sedangkan untuk peralatan komunikasi yang dirancang pada *self-propelled barge* ini diantaranya ialah:



a) *Search And Rescue Radar (SART)*

Pada kapal ini rencananya dipasang 2 SART di setiap sisi *navigation deck*. Berdasarkan ketentuan *SOLAS Reg. III/6*, SART harus dibawa saat naik di *lifeboat* ketika dilakukan evakuasi agar radar tetap bisa ditangkap.

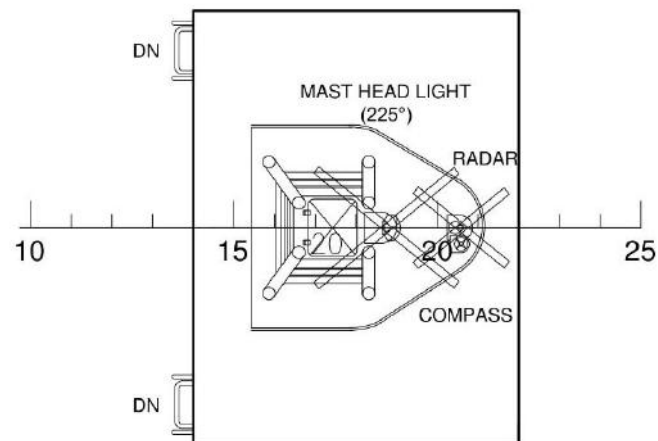
b) *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*

Pada kapal ini direncanakan akan dipasang 1 EPIRB pada *navigation deck* dan diletakkan diluar. Frekuensi EPIRB yang digunakan menurut *SOLAS Reg. IV/8* adalah 406 MHz, dan tertera juga tanggal akhir masa berlaku atau tanggal terakhir sensor apung.

c) *Radio Telephone Apparatus*

Berdasarkan ketentuan *SOLAS Reg. III/6*, diperlukan tiga set *radio telephone* yang memenuhi standar dan diletakkan di *navigation deck* (2 buah) dan 1 di *engine room*.

## TOP DECK

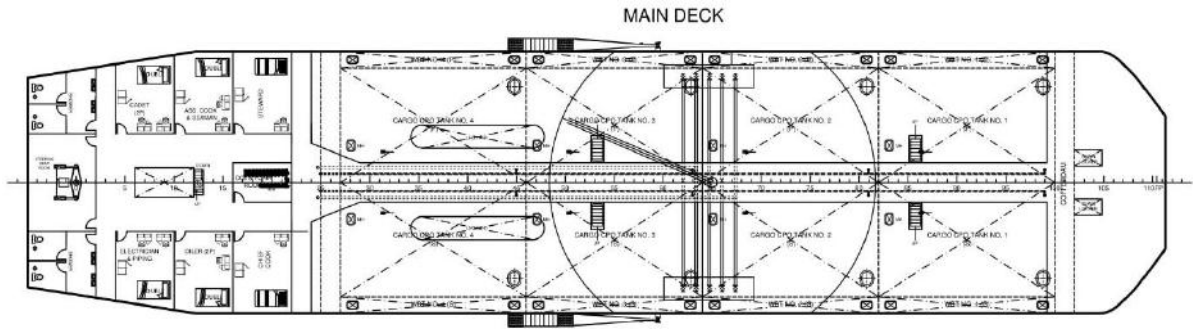


Gambar IV. 19 *Top Deck*

Gambar IV. 19 merupakan *top deck* pada *Dual Fuel self-propelled barge*. Seperti namanya, *deck* ini merupakan *deck* tertinggi pada kapal dan terdapat lampu navigasi atau *masthead light* dan juga *antenna* untuk kebutuhan komunikasi dan navigasi.

### IV.10.3. Geladak Utama (*Main Deck*)

*Layout* geladak utama (*main deck*) pada rencana umum *self-propelled barge* ini diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV. 20.

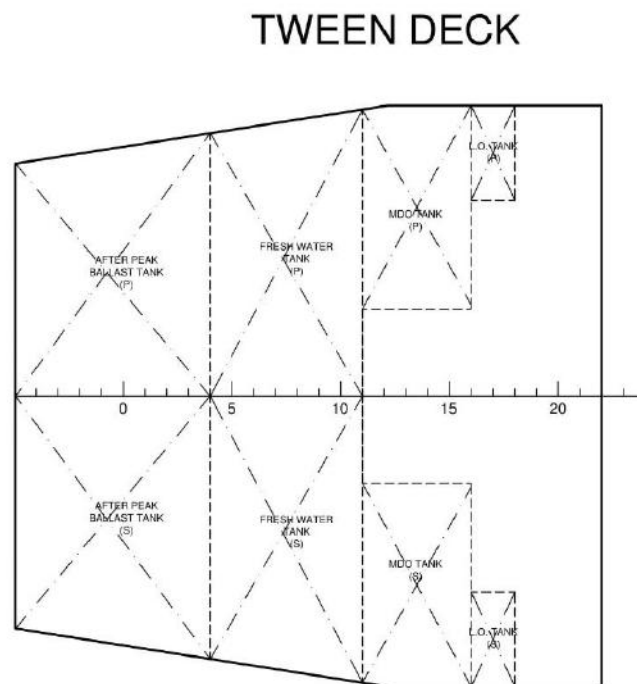


Gambar IV. 20 Main Deck dari Self-Propelled Barge

Gambar IV. 20 merupakan *main deck* pada *dual fuel self-propelled barge*. *Main deck* merupakan tempat beraktivitas utama pada kapal ini. Di tengah-tengah *main deck* terdapat *cargo manifold* yang berfungsi sebagai jalur masuk keluarnya *crude palm oil (CPO)*. Dari gambar *main deck* ini dapat dilihat bahwa jumlah ruang muat CPO dari *self-propelled barge* ini ialah sebanyak 4 ruang muat. Pada *main deck* ini juga terdapat ruang akomodasi untuk *crew* seperti *cadet, assistant cook, seaman, steward, electrician, piping, oiler, dan chief cook*. Selain itu juga terdapat ruangan lain seperti toilet, *CO2 & Foam room*, dan *steering gear room*.

#### IV.10.4. Tween Deck

*Layout tween deck* pada rencana umum *self-propelled barge* ini diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV. 21.

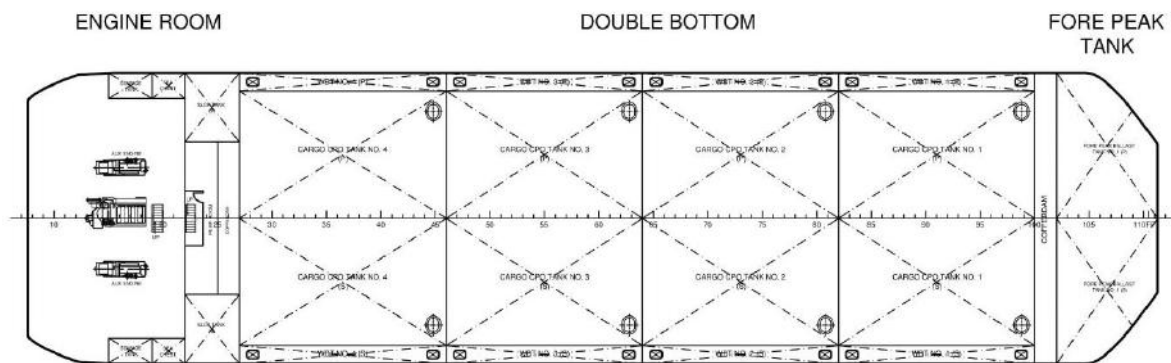


Gambar IV. 21 Tween Deck Self-Propelled Barge

Gambar IV. 21 merupakan *tween deck* pada *self-propelled barge*. *Tween deck* ini memiliki tinggi 0,8 m dan berada 4,33 m di atas *bottom* kapal. *Tween deck* ini difungsikan sebagai tempat dari *after peak ballast tank*, *fresh water tank*, *marine diesel oil (MDO) tank*, dan *lubrication oil tank*.

#### IV.10.5. Double Bottom

*Layout double bottom* pada rencana umum *self-propelled barge* diproyeksikan pada pandangan atas seperti pada Gambar IV. 22.

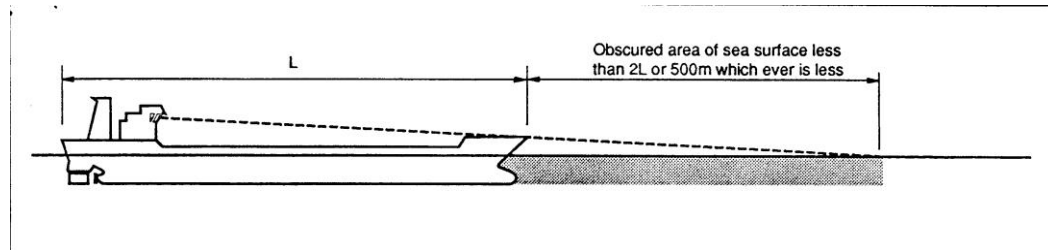


Gambar IV. 22 *Double Bottom Self-Propelled Barge*

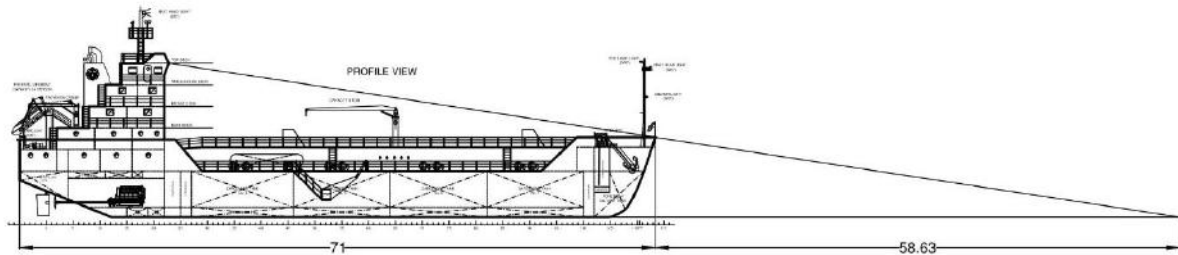
Gambar IV. 22 merupakan *double bottom* pada *self-propelled barge* ini. Pada *double bottom* terdapat beberapa item, antara lain tangki *ballast (P&S)*, *sea chest*, dan juga tangki pembuangan (*sewage*). Pada proyeksi *double bottom* ini juga terdapat *slop tank* dengan kapasitas 3% dari kapasitas ruang muat yang dipasang dari *double bottom* hingga *main deck*. Selain itu juga terdapat *main engine* dan *auxilliary engine*.

#### IV.11. Pemeriksaan *Navigation Bridge Visibility*

Menurut SOLAS Reg. V/22, kapal dengan panjang keseluruhan (Loa) 45 meter atau lebih yang dibangun pada atau sesudah 1 Juli 1998, pandangan terhadap permukaan laut dari posisi navigasi kapal tidak lebih dari dua kali panjang kapal (Loa), atau 500 meter, diambil yang lebih kecil. Ketentuan ini untuk memastikan keleluasaan pandangan kapal terhadap kapal lain dengan ukuran lebih kecil yang kemungkinan ada di depan kapal, sehingga menghindari terjadinya tabrakan (IMO, 1974).



Gambar IV. 23 Regulasi *Navigation Bridge Visibility*

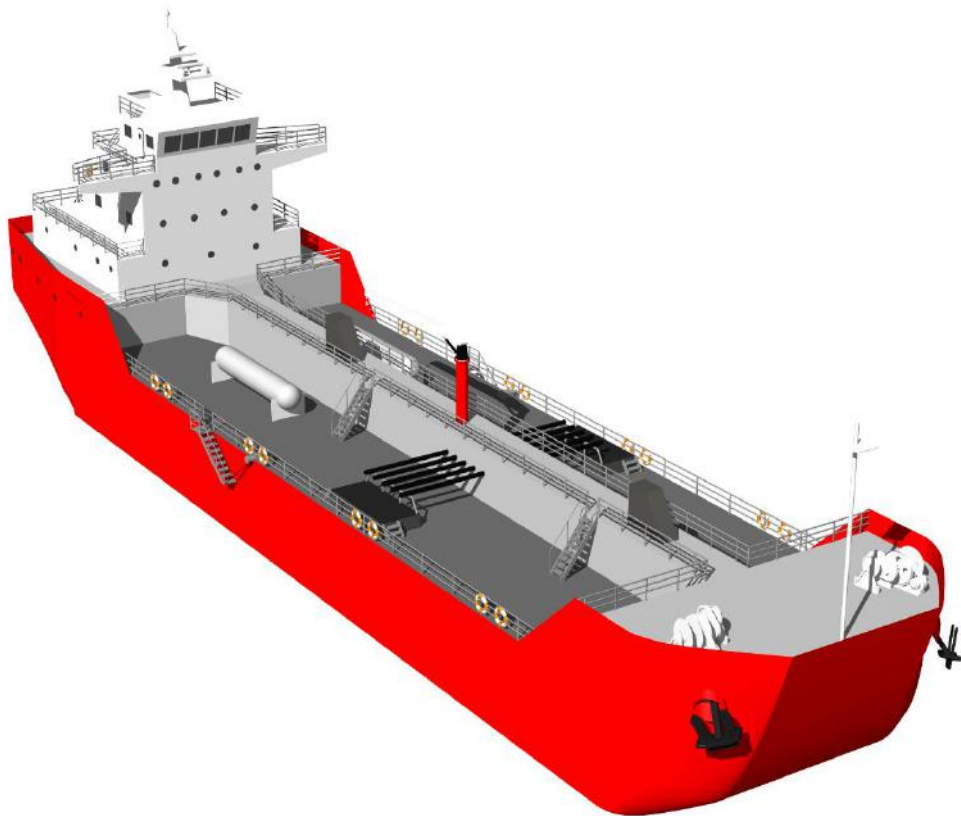


Gambar IV. 24 *Navigation Bridge Visibility* pada *Self-Propelled Barge*

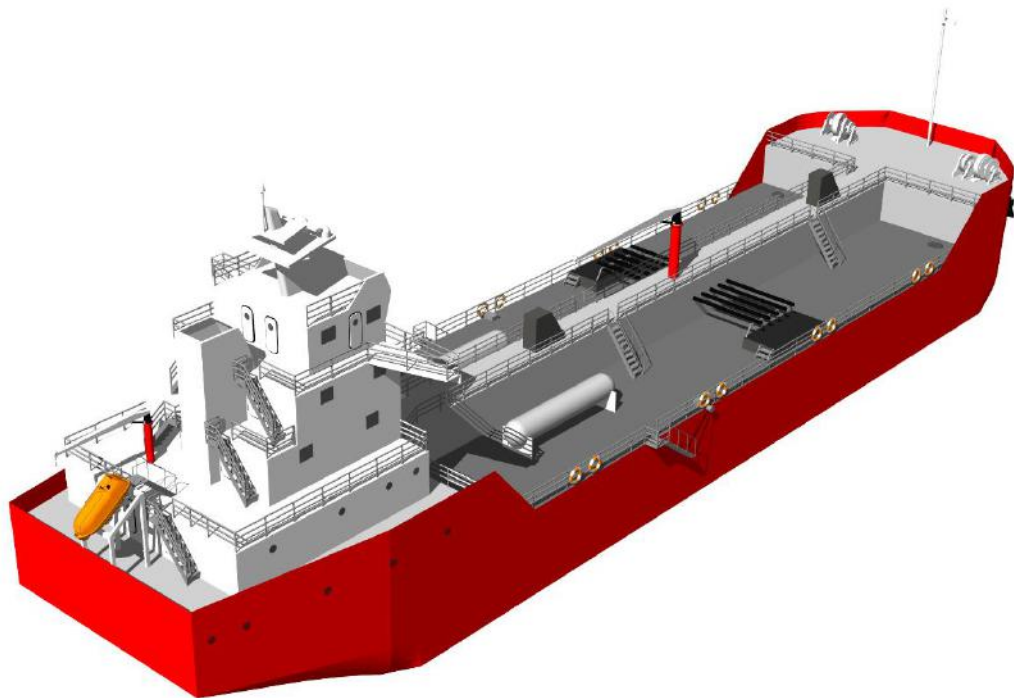
Pada Gambar IV. 24 dapat dilihat bahwa jarak pandang dari *navigation deck* kapal tidak melebihi dua kali panjang keseluruhan kapal ( $2 \times Lo$ ) sehingga persyaratan SOLAS Reg. V/22 tentang jarak pandang anjungan kapal telah terpenuhi.

#### IV.12. Pemodelan Tiga Dimensi

Setelah dilakukan pembuatan rencana umum, selanjutnya dilakukan pembuatan 3D Model dengan bantuan *software* Rhinoceros 5. Pada tahap awal pemodelan 3D, pembuatan lambung kapal menggunakan bantuan *software* Maxsurf Modeler. Kemudian kapal disesuaikan dengan ukuran utama serta karakteristik *displacement* dan koefisiennya sesuai dengan hasil analisis teknis yang telah dilakukan. Setelah itu, hasil pemodelan lambung kapal di Maxsurf Modeler dilakukan *export* ke *software* Rhinoceros 5, untuk memudahkan pemodelan bangunan atas dan detail pada bagian *main deck* dan *navigation deck*. Langkah pertama yaitu dari Maxsurf dilakukan *convert* dalam bentuk file *.3dm* dan kemudian pemodelan lambung kapal dapat diimport ke aplikasi Rhinoceros 5. Hasil pemodelan 3D *self-propelled barge* inidapat dilihat pada Gambar IV. 25 dan Gambar IV. 26.



Gambar IV. 25 Tampak Depan *Isometric*



Gambar IV. 26 Tampak Belakang *Isometric*

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB V ANALISIS EKONOMIS

### V.1. Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan ditentukan dari jumlah harga yang dibutuhkan untuk membangun satu kapal tersebut. Biaya-biaya tersebut termasuk harga total material yang dipakai, peralatan dan perlengkapan kapal, tenaga penggerak kapal, pajak pembangunan, harga pembangunan di galangan, serta inflasi.

#### V.1.1. Material

Biaya material terdiri dari biaya baja yang digunakan untuk membangun *hull*, *superstructures*, serta *deckhouses* dan juga elektroda yang dipakai dalam pengelasan. Pembahasan biaya material dipaparkan pada Tabel V. 1.

Tabel V. 1 Biaya Material

Item	Jumlah	Harga	Total (USD)
Konstruksi hull, <i>superstructures</i> , dan <i>deckhouses</i>	784,24 ton	740 USD/ton	580.338
Elektroda (asumsi 10% dari berat kapal)	78,424 ton	800 USD/ton	62.739
<b>Total</b>			<b>643.078</b>

Pada Tabel V. 1 dapat dilihat bahwa total biaya material untuk struktur dari *self-propelled barge* ini ialah sebesar 643.078 USD. Detail perhitungan biaya material struktur ini dapat dilihat pada Lampiran C.

#### V.1.2. Equipment dan Outfitting

Biaya *equipment dan outfitting* terdiri dari rincian dana kebutuhan peralatan-peralatan perlengkapan kapal seperti peralatan navigasi & komunikasi, keselamatan, *anchor handling*, *railing*, serta pintu dan jendela. Rincian ada pada Tabel V. 2.

Tabel V. 2 Biaya Equipment & Outfitting

Item	Jumlah	Harga (USD)	Total (USD)
<b>Peralatan Navigasi</b>			
• Radar	1	2.800	2.800
• Kompas	1	19,8	19,8
• GPS	1	656	656
• Lampu Navigasi			
- <i>Masthead Light</i>	1	13	13

- <i>Anchor Light</i>	1	10	10
- <i>Starboard Light</i>	1	50	50
- <i>Portside Light</i>	1	55	55
• <i>Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)</i>	1	11.790	11.790
• <i>Automatic Identification System (AIS)</i>	1	299	299
• <i>Telescope Binocular</i>	1	15	15
<b>Peralatan Komunikasi</b>			
• <i>Radiotelephone</i>	1	250	250
• <i>Digital Selective Calling (DSC)</i>	1	99,98	99,98
• <i>Navigational Telex (Navtex)</i>	1	749,71	749,71
• <i>EPIRB</i>	1	300	300
• <i>SART</i>	2	220	440
• <i>SSAS</i>	1	2.781	2.781
• <i>Portable 2-Way VHF Radiotelephone</i>	2	100	200
<b>Peralatan Keselamatan</b>			
• <i>Free-fall lifeboat</i>	1	30.800	30.800
• <i>Lifebuoy</i>	16	10	160
• <i>Liferaft</i>	1	400	400
• <i>Life jacket</i>	16	25	400
<b>Peralatan Anchor Handling</b>			
• <i>Jangkar</i>	2	1.000	2.000
• <i>Windlass</i>	2	4.900	9.800
• <i>Rantai (Chain cables)</i>	440 m	10 per m	4.400
• <i>Tali Tambat (Ropes)</i>	160 m	2 per m	320
<b>Pintu</b>			
• <i>Watertight door</i>	8	300	2.400
• <i>Pintu ruangan (Cabin door)</i>	41	90	3.690
<b>Jendela</b>			
• <i>Jendela kotak</i>	11	100	1.100
• <i>Side scuttles</i>	27	50	1.350
<b>Railing &amp; Tiang Penyangga</b>	416 m	35 per m	14.560
<b>Crane</b>	1	5.000	5.000
<b>Total</b>			<b>102.908</b>

Pada Tabel V. 2 dapat dilihat bahwa total biaya peralatan & perlengkapan dari *self-propelled barge* ini ialah sebesar 102.908 USD. Detail perhitungan biaya peralatan & perlengkapan ini dapat dilihat pada Lampiran C.



### V.1.3. Tenaga Penggerak (Permesinan)

Biaya rincian dari tenaga penggerak terdiri dari biaya mesin induk, mesin bantu (*auxilliary engine*), *propeller & shaft*, dan komponen kelistrikan. Rincian biaya terdapat pada Tabel V. 3.

Tabel V. 3 Komponen Tenaga Penggerak

Item	Jumlah Unit	Harga (USD)	Total (USD)
<i>Dual fuel engine</i>	1	150.000 USD/unit	200.000
Komponen kelistrikan	1	2000	2.000
<i>Genset</i>	2	25000 USD/unit	50.000
<i>Propeller &amp; Shaft</i>	1	20000	20.000
<b>Total</b>			<b>222.000</b>

Pada Tabel V. 3 dapat dilihat bahwa total biaya komponen tenaga penggerak (permesinan) dari *self-propelled barge* ini ialah sebesar 222.000 USD. Detail perhitungan biaya komponen tenaga penggerak (permesinan) ini dapat dilihat pada Lampiran C.

### V.1.4. Biaya Pembangunan Kapal

Setelah menghitung masing-masing biaya pembangunan kapal (*structural cost*, *outfitting & equipment cost*, dan *machinery cost*), maka biaya pembangunan kapal dapat diketahui seperti yang ditunjukkan pada Tabel V. 4.

Tabel V. 4 Biaya Pembangunan Kapal

Item	Nilai	Satuan
Material Struktur	643,078	USD
<i>Equipment dan Outfitting</i>	102.908	USD
Tenaga Penggerak (Permesinan)	222.000	USD
Total Harga (USD)	976.535	USD
Kurs Rupiah-US Dollar (per 13 Des 2018)	14.491	Rp/USD
<b>Total Harga</b>	<b>14.027.086.720</b>	<b>Rp</b>

### V.1.5. Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

Biaya rincian dari koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah terdiri dari keuntungan galangan kapal, biaya inflasi, dan biaya pajak pemerintah. Rincian biaya terdapat pada Tabel V. 5.

Tabel V. 5 Komponen Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

Item	Harga (Rupiah)
Keuntungan Galangan Kapal (20% dari biaya pembangunan awal)	2.805.417.344
Biaya untuk Inflasi (2% dari biaya pembangunan awal)	280.541.734
Biaya Pajak Pemerintah (10% dari biaya pembangunan awal)	1.402.708.672
<b>Total</b>	<b>4.488.667.750</b>

#### V.1.6. Total Biaya Pembangunan

Total biaya pembangunan merupakan penjumlahan dari semua total biaya dari biaya material, biaya *equipment* dan *outfitting*, biaya tenaga penggerak, serta biaya koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah. Untuk konversi biaya USD ke Rupiah mengikuti harga kurs Rp. 14.491/USD. Rincian total ada pada Tabel V. 6.

Tabel V. 6 Total Biaya Pembangunan

Item	Harga (Rupiah)
Biaya material	9.318.837.791
Biaya <i>equipment</i> dan <i>outfitting</i>	1.491.246.929
Biaya tenaga penggerak	3.217.002.000
Biaya koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah	4.488.667.750
<b>Total</b>	<b>18.515.754.470</b>

Pada Tabel V. 6 dapat dilihat bahwa total biaya pembangunan *self-propelled barge* ini setelah dilakukan koreksi keadaan ekonomi dan kebijakan pemerintah ialah sebesar 18.515.754.470 Rupiah.

## V.2. Biaya Operasional

Biaya operasional merupakan biaya yang dibutuhkan untuk berjalannya operasi *self-propelled barge* ini dalam waktu setahun. Rincian dana terdiri dari pinjaman bank, biaya perawatan kapal, asuransi, gaji *crew*, bahan bakar, minyak pelumas, serta air bersih.

### V.2.1. Pinjaman Bank

Pinjaman bank merupakan biaya yang dibutuhkan untuk biaya pembangunan dengan meminjam dana ke bank. Bank yang digunakan menggunakan Bank Mandiri. Bank Mandiri sendiri mempunyai suku bunga 9.95%. Waktu peminjaman yang diberikan untuk mengembalikan yaitu 5 tahun. Rincian peminjaman dapat dilihat pada Tabel V. 7.

Tabel V. 7 Rincian Peminjaman Bank

Biaya	Nilai	Unit
<i>Building Cost</i>	Rp 18.515.754.470	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	Rp 12.035.240.406	Rp
Bunga Bank	9.95%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	Rp 1.197.506.420	Per tahun
Masa Pinjaman	5	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	Rp 3.604.554.502	Rp

### V.2.2. Biaya Perawatan Kapal

Biaya perawatan kapal merupakan biaya perkiraan yang dibutuhkan untuk melakukan perawatan kapal selama masa pemakaian dalam setahun. Biaya perawatan diperkirakan sekitar 10% dari harga pembuatan kapal yaitu Rp 1.851.575.447.

### V.2.3. Asuransi

Asuransi merupakan dana yang dibutuhkan untuk mengasuransikan *self-propelled barge* ini. Perhitungan dilakukan dalam waktu kurun 1 tahun. Pengambilan biaya asuransi diasumsikan 2% dari harga pembuatan kapal yaitu Rp 370.315.089 (Watson,1998).

### V.2.4. Gaji Awak Kapal

Gaji awak kapal merupakan biaya yang dibutuhkan untuk menggaji para awak kapal yang ada dalam *self-propelled barge* ini. Total awak kapal yang ada dalam kapal ini adalah 16 orang. Rincian dari dana biaya gaji awak kapal ada pada Tabel V. 8.

Tabel V. 8 Rincian Gaji Awak Kapal

Gaji Crew Kapal		
Jumlah <i>crew</i> kapal	16	orang
Gaji <i>crew</i> kapal per bulan	Rp.4.500.000	per orang
Gaji <i>crew</i> kapal per tahun	Rp.54.000.000	per orang
<b>Total</b>	<b>Rp.864.000.000</b>	

### V.2.5. Biaya Bahan Bakar dan Minyak Pelumas

Biaya ini terdiri dari biaya bahan bakar gas (LNG), *marine diesel oil* (MDO), dan biaya minyak pelumas. Biaya ini dapat diketahui dengan menentukan terlebih dahulu jumlah bahan bakar dan minyak pelumas yang digunakan selama 1 kali perjalanan, waktu yang dibutuhkan untuk 1 kali perjalanan, dan harga per satuan berat atau volume. Waktu untuk satu kali perjalanan membutuhkan 81,4 jam atau sekitar 4 hari. Jumlah pelayaran yang dilakukan selama satu tahun ialah 84 kali. Rincian biaya bahan bakar dapat dilihat pada Tabel V. 9, Tabel V. 10, Tabel V. 11.

Tabel V. 9 Rincian Biaya Bahan Bakar Gas (LNG)

<b>Bahan Bakar Gas (LNG)</b>		
Kebutuhan bahan bakar LNG	17,1	m <sup>3</sup> /trip
Harga bahan bakar LNG	US\$ 8	per MMBtu
Harga bahan bakar LNG	US\$ 180,09	per m <sup>3</sup>
Harga bahan bakar LNG	Rp. 2.609.639	per m <sup>3</sup>
Harga bahan bakar LNG	44.624.826	per trip
<b>Total</b>	<b>Rp. 3.748.485.407</b>	<b>per tahun</b>

Tabel V. 10 Rincian Biaya Bahan Bakar Minyak (MDO)

<b>Marine Diesel Oil (MDO)</b>		
Kebutuhan bahan bakar MDO	0,241	ton/trip
Harga bahan bakar MDO	\$ 518	per ton
Harga bahan bakar MDO	Rp. 7.506.338	per ton
Harga bahan bakar MDO	Rp. 1.809.027	per trip
<b>Total</b>	<b>Rp. 151.958.306</b>	<b>per tahun</b>

Tabel V. 11 Rincian Biaya Minyak Pelumas

<b>Lubrication Oil</b>		
Kebutuhan minyak pelumas	0,044	ton/trip
Harga minyak pelumas	\$ 1,71	per liter
Harga minyak pelumas	24.779.610	per ton
Harga minyak pelumas	1.090.303	per trip
<b>Total</b>	<b>Rp. 91.585.439</b>	<b>per tahun</b>

#### V.2.6. Biaya Air Tawar (*Fresh Water*)

Biaya air tawar merupakan biaya yang dibutuhkan memenuhi kebutuhan air tawar (*fresh water*) crew kapal dan pendingin mesin selama perjalanan dalam kurun waktu satu tahun. Biaya air tawar dapat diketahui dengan menentukan terlebih dahulu kebutuhan air tawar dalam satu kali perjalanan, waktu yang dibutuhkan untuk satu kali perjalanan, dan harga air bersih per satuan volume. Rincian biaya air tawar dapat dilihat pada Tabel V. 12.

Tabel V. 12 Rincian Biaya Air Tawar

<b>Air Tawar (<i>Fresh Water</i>)</b>	<b>Nilai</b>	<b>Unit</b>
Kebutuhan air tawar	41.2	m <sup>3</sup> /trip
Harga air Tawar	Rp. 50.000	per m <sup>3</sup>
Harga air tawar	Rp. 2.060.000	per trip
<b>Total</b>	<b>Rp. 24.720.000</b>	<b>per tahun</b>

#### V.2.7. Total Biaya Operasional

Setelah dilakukan perincian dana maka dilakukan perhitungan total tiap-tiap komponen agar didapatkan total biaya operasional selama satu tahun. Rincian total biaya operasional dapat dilihat pada Tabel V. 13.

Tabel V. 13 Total Biaya Operasional

Biaya	Nilai	Waktu
Cicilan Pinjaman Bank	Rp 3.604.554.502	per tahun
<i>Maintenance Cost</i>	Rp 1.851.575.447	per tahun
<i>Insurance Cost</i>	Rp 370.315.089	per tahun
Gaji crew	Rp 864.000.000	per tahun
Bahan bakar gas (LNG)	Rp 3.748.485.407	per tahun
Bahan bakar MDO	Rp 151.958.306	per tahun
Minyak Pelumas	Rp 91.585.439	per tahun
Air bersih ( <i>Fresh water</i> )	Rp 24.720.000	per tahun
<b>Total</b>	<b>Rp. 10.707.194.190</b>	<b>per tahun</b>

### V.3. Analisis Perbandingan Biaya

Perbandingan biaya dilakukan dengan menghitung terlebih dahulu komponen ekonomis dari *self-propelled barge* ini seperti penentuan biaya penyewaan *sel-propelled barge*, proyeksi arus kas, perhitungan *break even point*, *net present value*, *profitability index*, *internal rate of return*, serta *payback period*, kemudian dilakukan perbandingan dengan biaya sewa moda transportasi yang sudah ada.

#### V.3.1. Penentuan Biaya Penyewaan *Self-Propelled Barge*

Penentuan biaya penyewaan dari *self-propelled barge* ini ditentukan dari penjumlahan total biaya pembangunan kapal dan total biaya operasional kemudian dibagi 5 tahun untuk biaya per tahunnya serta ditambahkan juga keuntungan untuk penyedia jasa sewa. Pada umumnya terdapat beberapa jenis penyewaan (*chartering kapal*) yang ada. Untuk *self-propelled barge* ini dilakukan analisis penyewaan untuk 2 jenis tipe *charter*, yaitu:

1. *Voyage charter*.

*Voyage charter* merupakan sistem penyewaan kapal antara pemilik dan penyewa kapal atas dasar satu atau beberapa trayek angkutan/perjalanan kapal, dimana untuk trayek yang dimaksud, pemilik kapal akan menyerahkan seluruh atau sebagian ruang muatan kepada penyewa setelah yang bersangkutan membayar tarif sewa per *voyage* (trayek perjalanan/pengangkutan). Pada tipe *charter* ini, pemilik kapal akan menanggung semua biaya-biaya kapal, yaitu biaya *maintenance & asuransi kapal*, gaji crew kapal, biaya bahan bakar & minyak pelumas, serta biaya air bersih. Penyewa hanya berkewajiban membayar uang sewa muatan sesuai tarif yang telah di sepakati bersama untuk satu trayek angkutan. Dengan analisis dan pertimbangan ekonomis yang dilakukan, maka didapatkan biaya sewa *self-propelled barge* ini adalah Rp 149.440.476 untuk satu kali perjalanan (*voyage*) atau Rp 62.267 untuk setiap ton CPO

yang diangkut dari Dumai ke Singapura. Kapal ini direncanakan berlayar sebanyak 84 *roundtrip/voyage* dalam 1 tahun sesuai perhitungan pada Bab IV.II. Sehingga total pemasukan dari biaya penyewaan dalam satu tahun untuk tipe *voyage charter* ini ialah sebesar Rp 12.553.000.000.

## 2. *Time charter*

*Time charter* ialah sistem penyewaan kapal antara pemilik kapal (*ship owner*) dengan penyewa (*charterer*) yang di dasarkan pada jangka waktu (lamanya penyewaan) yang di setuju bersama oleh kedua belah pihak. *Charterer* menyewa kapal dari *ship owner* dalam keadaan siap berlayar / beroperasi untuk suatu jangka waktu sewa tertentu. Pada *time charter*, *charterer* kapal menanggung biaya *consumables* (bahan bakar, minyak pelumas dan air bersih) yang diperlukan selama pelayaran. Sedangkan *ship owner* menanggung biaya-biaya seperti gaji *crew* kapal, biaya perawatan dan asuransi kapal. Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, biaya penyewaan *self-propelled barge* ini untuk tipe *time charter* ialah sebesar Rp 8.800.000.000 selama satu tahun. *Self-propelled barge* ini memiliki waktu operasi efektif selama 11 bulan dalam 1 tahun, dikarenakan diasumsikan melakukan survei tahunan atau *docking* selama 1 bulan (30 hari) untuk tiap tahunnya. Sehingga biaya *time charter* dari *self-propelled barge* ini untuk tiap bulan ialah sebesar Rp 800.000.000.

### **V.3.2. Proyeksi Arus Kas**

Proyeksi arus kas merupakan perhitungan pengeluaran dan pemasukan yang terjadi selama beberapa tahun. Proyeksi arus kas dilakukan untuk masing-masing tipe penyewaan kapal dikarenakan adanya perbedaan aturan mengenai pihak yang menanggung biaya pelayaran kapal. Rincian proyeksi arus kas untuk tipe *voyage charter* dapat dilihat pada Tabel V. 14, sedangkan untuk tipe *time charter* dapat dilihat pada Tabel V. 15.



Tabel V. 14 Rincian Proyeksi Arus Kas Voyage Charter

Pendapatan Usaha	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Perencanaan Harga Sewa		Rp 12,553,000,000.00	Rp 14,435,950,000.00	Rp 16,601,342,500.00	Rp 19,091,543,875.00	Rp 21,955,275,456.25
<b>Operational Cost</b>						
Gaji Crew		Rp 864,000,000.00	Rp 950,400,000.00	Rp 1,045,440,000.00	Rp 1,149,984,000.00	Rp 1,264,982,400.00
Fresh Water		Rp 24,720,000.00	Rp 27,192,000.00	Rp 29,911,200.00	Rp 32,902,320.00	Rp 36,192,552.00
LNG		Rp 3,748,485,407.22	Rp 4,123,333,947.94	Rp 4,535,667,342.74	Rp 4,989,234,077.01	Rp 5,488,157,484.71
MDO		Rp 151,958,306.47	Rp 167,154,137.12	Rp 183,869,550.83	Rp 202,256,505.91	Rp 222,482,156.51
Minyak Pelumas		Rp 91,585,438.56	Rp 100,743,982.42	Rp 110,818,380.66	Rp 121,900,218.72	Rp 134,090,240.60
Perawatan Kapal		Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04
Asuransi Kapal		Rp 370,315,089.41	Rp 407,346,598.35	Rp 448,081,258.18	Rp 492,889,384.00	Rp 542,178,322.40
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>Total Operational Cost</b>		Rp 8,028,427,412.22	Rp 8,553,533,836.39	Rp 9,131,150,902.97	Rp 9,766,529,676.22	Rp 10,465,446,326.78
Laba Usaha		Rp 4,524,572,587.78	Rp 5,882,416,163.61	Rp 7,470,191,597.03	Rp 9,325,014,198.78	Rp 11,489,829,129.47
Bunga		Rp 1,197,506,420.37	Rp 958,005,136.30	Rp 718,503,852.22	Rp 479,002,568.15	Rp 239,501,284.07
Laba Sebelum Pajak		Rp 3,327,066,167.40	Rp 4,924,411,027.31	Rp 6,751,687,744.80	Rp 8,846,011,630.64	Rp 11,250,327,845.39
Pajak		Rp 332,706,616.74	Rp 492,441,102.73	Rp 675,168,774.48	Rp 884,601,163.06	Rp 1,125,032,784.54
<b>Laba Bersih</b>		Rp 2,994,359,550.66	Rp 4,431,969,924.58	Rp 6,076,518,970.32	Rp 7,961,410,467.57	Rp 10,125,295,060.86
FIXED COST	Rp 18,515,754,470.41					
<b>PROYEKSI ARUS KAS 5 TAHUN</b>						
<b>In-Flow</b>						
Laba Bersih		Rp 2,994,359,550.66	Rp 4,431,969,924.58	Rp 6,076,518,970.32	Rp 7,961,410,467.57	Rp 10,125,295,060.86
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>NET INFLOW</b>		Rp 3,920,147,274.18	Rp 5,357,757,648.10	Rp 7,002,306,693.84	Rp 8,887,198,191.09	Rp 11,051,082,784.38
<b>Out-Flow</b>						
Investment	Rp 18,515,754,470.41					
<b>NET OUTFLOW</b>	Rp 18,515,754,470.41	Rp -				
<b>FREE CASH FLOW</b>	-Rp 18,515,754,470.41	Rp 3,920,147,274.18	Rp 5,357,757,648.10	Rp 7,002,306,693.84	Rp 8,887,198,191.09	Rp 11,051,082,784.38

Tabel V. 15 Rincian Proyeksi Arus Kas *Time Charter*

Pendapatan Usaha	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Perencanaan Harga Sewa		Rp 8,800,000,000.00	Rp 10,120,000,000.00	Rp 11,638,000,000.00	Rp 13,383,700,000.00	Rp 15,391,255,000.00
<b>Operational Cost</b>						
Gaji Crew		Rp 864,000,000.00	Rp 950,400,000.00	Rp 1,045,440,000.00	Rp 1,149,984,000.00	Rp 1,264,982,400.00
Fresh Water		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
LNG		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
MDO		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Minyak Pelumas		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Perawatan Kapal		Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04
Asuransi Kapal		Rp 370,315,089.41	Rp 407,346,598.35	Rp 448,081,258.18	Rp 492,889,384.00	Rp 542,178,322.40
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>Total Operational Cost</b>		Rp 4,011,678,259.97	Rp 4,135,109,768.91	Rp 4,270,884,428.75	Rp 4,420,236,554.56	Rp 4,584,523,892.96
Laba Usaha		Rp 4,788,321,740.03	Rp 5,984,890,231.09	Rp 7,367,115,571.25	Rp 8,963,463,445.44	Rp 10,806,731,107.04
Bunga		Rp 1,197,506,420.37	Rp 958,005,136.30	Rp 718,503,852.22	Rp 479,002,568.15	Rp 239,501,284.07
Laba Sebelum Pajak		Rp 3,590,815,319.66	Rp 5,026,885,094.79	Rp 6,648,611,719.03	Rp 8,484,460,877.29	Rp 10,567,229,822.96
Pajak		Rp 359,081,531.97	Rp 502,688,509.48	Rp 664,861,171.90	Rp 848,446,087.73	Rp 1,056,722,982.30
<b>Laba Bersih</b>		Rp 3,231,733,787.69	Rp 4,524,196,585.31	Rp 5,983,750,547.13	Rp 7,636,014,789.56	Rp 9,510,506,840.66
FIXED COST	Rp 18,515,754,470.41					
<b>PROYEKSI ARUS KAS 5 TAHUN</b>						
<b>In-Flow</b>						
Laba Bersih		Rp 3,231,733,787.69	Rp 4,524,196,585.31	Rp 5,983,750,547.13	Rp 7,636,014,789.56	Rp 9,510,506,840.66
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>NET INFLOW</b>		Rp 4,157,521,511.21	Rp 5,449,984,308.83	Rp 6,909,538,270.65	Rp 8,561,802,513.08	Rp 10,436,294,564.19
<b>Out-Flow</b>						
Investment	Rp 18,515,754,470.41					
<b>NET OUTFLOW</b>	Rp 18,515,754,470.41	Rp -				
<b>FREE CASH FLOW</b>	-Rp 18,515,754,470.41	Rp 4,157,521,511.21	Rp 5,449,984,308.83	Rp 6,909,538,270.65	Rp 8,561,802,513.08	Rp 10,436,294,564.19



### V.3.3. *Break Even Point, Net Present Value, Profitability Index, Internal Rate of Return, dan Payback Period*

*Break even point* (BEP) adalah sebuah titik impas dimana pada titik tersebut biaya pengeluaran dan pendapatan adalah nol. *Net present value* (NPV) adalah selisih antara pengeluaran dengan pemasukan yang diperkirakan pada masa mendatang yang didiskonkan pada saat ini. NPV dikatakan baik apabila nilai NPV di atas nol. *Profitability Index* (PI) adalah sebuah index yang digunakan untuk memperkirakan keuntungan dari sebuah usaha. PI dikatakan baik apabila nilai PI di atas 1. *Internal Rate of Return* (IRR) adalah suatu indikator tingkat efisiensi sebuah investasi. IRR dikatakan baik apabila nilai IRR di atas suku bunga pengembalian dana pinjaman ke bank. Dalam kasus ini suku bunga bank adalah 9.95%. *Payback Period* (PP) adalah waktu yang dibutuhkan untuk sebuah usaha mendapatkan modalnya kembali. Hasil perhitungan ekonomis untuk tipe penyewaa *voyage charter* dapat dilihat pada Tabel V. 16.

Tabel V. 16 Komponen Analisis Ekonomis *Voyage Charter*

Komponen	Nilai
NPV	Rp 830.805.593
PI	1.04487
IRR	11.75%
PP	3.25 tahun
BEP (rupiah)	Rp 42.644.568.908
BEP ( <i>unit</i> )	285 <i>voyage</i>

Pada Tabel V. 16 dapat dilihat bahwa untuk tipe penyewaan *voyage charter* dengan biaya penyewaan sebesar Rp 149.440.476 per *voyage*, didapatkan nilai NPV diatas 0 (nol), PI diatas 1, IRR diatas 9,95%. Sehingga dari indikator yang didapatkan ini, dapat disimpulkan bahwa pembangunan *dual fuel self-propelled barge* ini layak untuk dilakukan.

Hasil perhitungan ekonomis untuk tipe penyewaan *voyage charter* dapat dilihat pada Tabel V. 17.

Tabel V. 17 Komponen Analisis Ekonomis *Time Charter*

Komponen	Nilai
NPV	Rp 830.540.611
PI	1.04486
IRR	11.77%
PP	3.23 tahun
BEP (rupiah)	Rp 34.028.339.821
BEP ( <i>unit</i> )	43 TC (bulanan)

Pada Tabel V. 17 dapat dilihat bahwa untuk tipe penyewaan *time charter* dengan biaya penyewaan sebesar Rp 800.000.000 per bulan, didapatkan nilai NPV diatas 0 (nol), PI diatas

1, dan IRR diatas 9,95%. Sehingga dari indikator yang didapatkan ini, dapat disimpulkan bahwa pembangunan *dual fuel self-propelled barge* ini layak untuk dilakukan.

Dari analisis ekonomis yang dilakukan untuk kedua tipe penyewaan, dengan nilai NPV dan PI yang hampir sama, dapat dilihat bahwa laju pengembalian yang lebih besar terdapat pada tipe *time charter*. Hal Ini dapat dilihat pada nilai IRR *time charter* yaitu 11.77%, lebih besar dari IRR *voyage charter* yaitu 11.75%. Hal ini juga ditandai dari nilai BEP pada kedua tipe *charter* ini. Dimana untuk mencapai titik BEP, tipe *voyage charter* memerlukan pemasukan dari biaya penyewaan kapal yang lebih besar dibandingkan *time charter*. Selain itu nilai *payback period* untuk tipe *time charter* lebih kecil daripada nilai *payback period voyage charter*. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tipe *time charter* memiliki laju pengembalian modal yang lebih cepat.

#### **V.3.4. Perbandingan Biaya Penyewaan**

Setelah dilakukan perhitungan didapatkan bahwa harga penyewaan yang cocok untuk *self-propelled barge* ini untuk mendapatkan keuntungan dan dapat mengembalikan modal yaitu sebesar Rp 149.440.476 per *voyage* untuk tipe *voyage charter* dan Rp 800.000.000 per bulan untuk tipe *time charter*. Untuk harga jasa penyewaan kapal *tugboat* dan *barge* yang memiliki ukuran yang mendekati *self-propelled barge* yang direncanakan yaitu sebesar Rp 715.000.000 per bulan untuk tipe *time charter* (Sewa Kapal, 2018). Dapat dikatakan bahwa harga penyewaan *self-propelled barge* ini lebih mahal dibandingkan penyewaan tongkang dan *tugboat* sejenis, hal ini dikarenakan biaya pembangunan *self-propelled barge* lebih mahal dibandingkan biaya pembangunan tongkang dan *tugboat*. Selain itu, *self-propelled barge* ini menggunakan *dual fuel engine* dimana biaya investasi untuk kapal berbahan bakar LNG akan lebih tinggi daripada kapal yang hanya beroperasi dengan bahan bakar diesel. Biaya investasi ini dipengaruhi oleh biaya peralatan dan instalasi untuk *dual fuel system* pada kapal yang menggunakan *dual fuel engine* (IMO, 2016). Biaya penyewaan yang lebih mahal ini juga dapat dikarenakan perbedaan biaya perawatan kapal dan asuransi kapal dengan biaya sebenarnya, dimana dalam perhitungan pada biaya yang dilakukan diasumsikan dengan persentase berdasarkan biaya pembangunan kapal. Sehingga perlu diketahui biaya perawatan dan asuransi yang sebenarnya.

#### **V.4. Perbandingan Penggunaan Bahan Bakar Dual Fuel dan Konvensional**

Salah satu keuntungan dari penggunaan *dual fuel engine* ialah harga bahan bakar selama operasional kapal yang lebih murah dibandingkan dengan *diesel engine* konvensional.

Perbandingan harga antara penggunaan *dual fuel engine* dan *diesel engine* konvensional ini dapat dilihat pada Tabel V. 18.

Tabel V. 18 Perbandingan Harga Bahan Bakar

Perbandingan Penggunaan Diesel Engine Konvensional dan Dual Fuel Engine					
Konvensional			Dual Fuel		
Kebutuhan MDO	8.49	ton/trip	Kebutuhan LNG	17.1	m <sup>3</sup>
Harga MDO	\$ 405	per ton	Harga LNG	\$ 8	per MMBtu
Harga MDO	Rp 5.868.855	per ton	Harga LNG	\$ 180,09	per m <sup>3</sup>
Harga MDO	Rp 49.826.579	per trip	Harga LNG	Rp 2.609.639	per m <sup>3</sup>
Harga MDO	Rp 4.185.432.632	per tahun	Harga LNG	Rp 44.624.826	per trip
			Harga LNG	Rp 3.748.485.407	per tahun
			Kebutuhan MDO	0.241	ton/trip
			Harga MDO	\$ 405	per ton
			Harga MDO	Rp 5.868.855	per ton
			Harga MDO	Rp 1.414.394	per trip
			Harga MDO	Rp 118.809.101	per tahun
<b>TOTAL HARGA</b>	<b>Rp 4.185.432.632</b>	<b>per tahun</b>	<b>TOTAL HARGA</b>	<b>Rp 3.867.294.508</b>	<b>per tahun</b>

Pada Tabel V. 18 dapat dilihat bahwa penggunaan *dual fuel engine* yang menggunakan bahan bakar LNG & MDO lebih hemat dibandingkan menggunakan *diesel engine* konvensional yang menggunakan bahan bakar MDO. Pengeluaran per tahun bahan bakar untuk penggunaan *dual fuel engine* ialah sebesar Rp 3.867.294.508. Sedangkan penggunaan *diesel engine* konvensional memerlukan biaya sebesar Rp 4.185.432.632 untuk biaya bahan bakar dengan rute pelayaran yang sama. Jadi dapat disimpulkan bahwa penggunaan *dual fuel engine* dapat menghemat biaya bahan bakar hingga 8.23%.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **VI.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan perhitungan dan analisis maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Payload* dari *self-propelled barge* ini didapatkan dari rata-rata jumlah CPO yang diangkut oleh salah satu perusahaan pelayaran yang melayani ekspor CPO dari Pelabuhan Dumai ke Singapura. *Payload* yang didapatkan ialah sebesar 2400 ton. Waktu untuk satu kali pelayaran (Dumai – Singapura – Dumai) dari *self-propelled barge* ini ialah 81,38 jam atau kurang lebih 4 hari dan jumlah pelayaran yang dilakukan selama satu tahun ialah sebanyak 84 kali. Dari analisis teknis didapatkan ukuran utama kapal sebagai berikut:

- *Length between perpendicular* ( $L_{PP}$ ) : 66,26 meter
- *Breadth* (B) : 16,02 meter
- *Height* (H) : 5,13 meter
- *Draft* (T) : 3,81 meter

2. Perhitungan teknis yang dilakukan telah memenuhi.
  - Perhitungan berat yang telah dilakukan menghasilkan margin berat sebesar 10 %. *Displacement* kapal adalah 3884,118 ton dan berat kapal ( $LWT+DWT$ ) adalah 3495,706 ton, sehingga perhitungan berat diterima.
  - Perhitungan kapasitas ruang muat yang telah dilakukan menghasilkan margin volume sebesar 0 %. Volume ruang muat yang didesain ialah 2608,696 m<sup>3</sup>, sedangkan volume muatan yang akan dibawa ialah 2608,696 m<sup>3</sup>, sehingga perhitungan kapasitas ruang muat diterima.
  - Sesuai dengan perhitungan yang telah dilakukan, kondisi trim buritan diterima karena selisih *LCG* dan *LCB* kurang dari 0,5 % dari  $L_{pp}$  kapal yaitu 0,331.
  - Perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan menghasilkan batasan lambung timbul sebesar 713 mm, sedangkan lambung timbul kapal sebenarnya adalah 1320 mm. Sehingga perhitungan lambung timbul diterima.

- Perhitungan stabilitas yang dilakukan menggunakan acuan regulasi dari *IMO IS Code 2008*. Hasil yang didapatkan semua parameter stabilitas telah diterima.
3. Berdasarkan analisis ekonomis yang dilakukan didapatkan hasil sebagai berikut:
    - Biaya investasi pembangunan *dual fuel self-propelled barge* ini sebesar Rp 18.515.754.470.
    - Harga penyewaan untuk tipe *voyage charter* sebesar Rp 149.440.476 per *voyage* dengan nilai BEP Rp 42.644.568.908, NPV Rp 830.805.593, PI 1.04487, IRR 11.75% dan *Payback Period* 3.25 tahun.
    - Harga penyewaan untuk tipe *time charter* dengan sebesar Rp 800.000.000 per bulan dengan nilai BEP Rp 34.028.339.821, NPV Rp 830.540.611, PI 1.04486, IRR 11.77% dan *Payback Period* 3.23 tahun.
    - Dengan indikator kelayakan investasi yang didapatkan dimana nilai NPV > 0, IRR > suku bunga, dan PI > 1 untuk kedua tipe *charter*, maka dapat disimpulkan bahwa investasi *dual fuel self-propelled barge* ini layak untuk dilakukukan. Penggunaan *dual fuel engine* pada *self-propelled barge* ini dapat menghemat biaya bahan bakar hingga 8,23% dibandingkan dengan *diesel engine* konvensional.
  4. Desain *Lines Plan* telah dibuat dan dilampirkan pada Lampiran E
  5. Desain *General Arrangement* telah dibuat dan dilampirkan pada Lampiran F.
  6. Pemodelan 3D telah dibuat dan dapat dilihat pada Gambar IV. 25 dan Gambar IV. 26.

## VI.2. Saran

1. Perlu adanya tinjauan lebih rinci terhadap aspek konstruksi dan kekuatan *dual fuel self-propelled barge*, mengingat pada Tugas Akhir ini masih banyak digunakan perhitungan secara pendekatan.
2. Perlu dibuat pemodelan 3D yang lebih presisi dan lebih mendetail terkait *fuel system configuration* maupun peralatan dan perlengkapan yang tersedia pada kapal.
3. Perlu adanya data pembanding harga operasional penyewaan kapal yang sudah ada dan terbaru untuk melakukan perbandingan secara menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- Anam, M.S. (2015). Tugas Akhir. *Desain Self-Propelled Barge Pengangkut Limbah Minyak di Kawasan Pelabuhan Indonesia III*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Ariana, I.M. (2013). Tugas Akhir. *Tinjauan Teknis Ekonomis Pemakaian Dual Fuel pada Tug Boat PT. Pelabuhan Indonesia II*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2016). *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Indonesia: BPS
- Barras, C.B. (2004). *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. Oxford, UK: Elsevier Butterworth-Heinemann.
- Buana, R.N. (2018). Tugas Akhir. *Desain Self-Propelled Barge Sebagai Fasilitas Pengangkut Block untuk Galangan Kapal dari Batam ke Singapura*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Dvornik J. (2014). *Dual-Fuel-Electric Propulsion Machinery Concept on LNG Carriers*. Split, Croatia: University of Split.
- Evans, J. (1959). *Basic Design Concepts*. Naval Engineers Journal , 671-678.
- Effendi. (2009). Tugas Akhir. *Analisis Kelayakan Investasi Pendirian Pabrik Sepatu Olahraga di Indonesia*. Depok: Universitas Indonesia
- Febriani, L. (2015). Tugas Akhir. *Penyelesaian Pemrograman Nonlinear Dengan Pendekatan Separable Programming Untuk Produksi Bakpia Eny*. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta (UNY).
- Hasanudin (2015). *Desain Kapal LCU TNI-AL Menggunakan Metode Optimisasi*. Jurnal Kapal Vol. 12, No. 1.
- Hartoto, C. (2018). *Ekspor CPO Wajib Gunakan Kapal Nasional*. Retrieved April 13, 2018, from Sawit Indonesia website: <https://sawitindonesia.com/rubrikasi-majalah/kinerja/ekspor-cpo-wajib-gunakan-kapal-nasional/>
- Hidayat, W. (2015). Tugas Akhir. *Studi Desain Integrated Tug-Barge (ITB) Pengangkut CPO (Crude Palm Oil) yang Sesuai untuk Perairan Siak, Riau*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Index Mundi. (2017). *Palm oil Exports by Country in 1000 MT*. Retrieved 14 April 14, 2018, from Index Mundi website: <https://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=palm-oil&graph=exports>
- Indonesia Investments. (2017). *Minyak Kelapa Sawit*. Retrieved 14 April 14, 2018, from Indonesia Investments website: <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/komoditas/minyak-sawit/item166?>
- International Maritime Organization (IMO). (1966). *International Convention on Load Line 1966*. London: IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (1969). *International Convention on Tonnage Measurements of Ships*. London: IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (1978). *The International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973 as modified by the Protocol of 1978 (MARPOL 73/78)*. IMO.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.

- International Maritime Organization (IMO). (2008). *Intact Stability (IS) Code*. London: IMO Publishing.
- International Maritime Organization (IMO). (2015). *Resolution MSC.391(95) Adoption of The International Code of Safety for Ships Using Gases or Other Low Flash Point Fuels (IGF Code)*. IMO
- International Maritime Organization (IMO). (2016). *Studies on The Feasibility and Use of LNG as a Fuel For Shipping*. London: IMO.
- Katadata. (2018). *Rekor Tertinggi, Ekspor Minyak Sawit 2017 Tembus US\$ 22,9 Miliar*. Retrieved April 15, 2018, from Katadata website: <https://katadata.co.id/berita/2018/01/30/rekor-tertinggi-ekspor-minyak-sawit-2017-tembus-us-229-miliar>
- Kementrian Perindustrian. (2014). *Saat Dok Kapal Gigit Jari*. Retrieved September 29, 2018, from Kementrian Perindustrian website: <http://www.kemenperin.go.id/artikel/9258/Saat-Dok-Kapal-Gigit-Jari>
- Lewis, E. V. (1988). *PNA Vol.I*. New Jersey.
- Lewis, E. V. (1988). *PNA Vol.II*. New Jersey: SNAME.
- Maritime and Port Authority of Singapore. (2018). *Terminals*. Retrieved November 15, 2018 from Maritime and Port Authority of Singapore website: <https://www.mpa.gov.sg/web/portal/home/port-of-singapore/operations/port-infrastructure/terminals>
- Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design*. Michigan: University of Michigan.
- Pelabuhan Indonesia I (Pelindo I). (2013). *Data Fasilitas di PT Pelabuhan Indonesia I (Persero) Tahun 2013* Retrieved October 28, 2018, from Pelindo 1 website: <https://www.pelindo1.co.id/id/service/Pages/Fasilitas.aspx>
- Pelabuhan Indonesia I (Pelindo I). (2016). *Laporan Tahunan 2016 PT Pelabuhan Indonesia I*. Indonesia: Pelindo I.
- Pelabuhan Indonesia I (Pelindo I). (2017). *Ekspor CPO Capai 6,5 Juta Ton Per Tahun*. Retrieved April 7, 2018, from Pelindo I website: <https://www.pelindo1.co.id/id/publikasi/berita/Pages/Pelindo-I-Optimalisasi-Pelabuhan-CPO-Terbesar-di-Sumatera.asp>
- Rachow, M., Loest, S., and Sitinjak, L.R.M. (2017). *Concept for a LNG Gas Handling System for a Dual Fuel Engine*. International Journal of Marine Engineering Innovation and Research, Vol. 1(4).
- Sewa Kapal. (2018). *Sewa Kapal Tongkang*. Retrieved December 19, 2018, from sewa kapal website: <http://www.sewakapal-jakarta.com/sewa-kapal-tongkang/>
- Sitanggang, T. (2018). *Pengusaha CPO: Kapal Nasional untuk Ekspor Jarak Dekat*. Retrieved December 12, 2018, from From CNBC Indonesia website: <https://www.cnbcindonesia.com/news/20180216104019-4-4579/pengusaha-cpo-kapal-nasional-untuk-ekspor-jarak-dekat>
- Supriyono J. (2017). *Kapal Dalam Negeri Belum Sepenuhnya Siap Angkut CPO*. Retrieved April 7, 2018, from GAPKI website: <https://gapki.id/news/4134/gapki-kapal-dalam-negeri-belum-sepenuhnya-siap-angkut-cpo>
- United Nations Conference on Trade and Development (UNCTD). (2017). *Review of Maritime Transport 2017*. New York & Geneva: United Nations Publication.
- Wakidjo, P. (1972). *Stabilitas Kapal Jilid II*. Penuntun Dalam Menyelesaikan Masalah. Yogyakarta.
- Wikipedia. (2018). *Kota Dumai*. Retrieved April 17, 2018 from Wikipedia website: [https://id.wikipedia.org/wiki/Kota\\_Dumai](https://id.wikipedia.org/wiki/Kota_Dumai)



- Wikipedia. (2018). *Minyak Sawit*. Retrieved April 16, 2018 from Wikipedia website: [https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak\\_sawit](https://id.wikipedia.org/wiki/Minyak_sawit)
- Wikipedia. (2018). *Port of Singapore*. Retrieved April 16, 2018 from Wikipedia website: [https://en.wikipedia.org/wiki/Port\\_of\\_Singapore](https://en.wikipedia.org/wiki/Port_of_Singapore)
- Workman, D. (2017). *Palm oil Export by Country*. Retrieved April 7, 2018, from World's Top Exports website: <http://www.worldstopexports.com/palm-oil-exports-by-country/>
- Yasuha, J.X.L. and Saifi, M. (2017). Analisis Kelayakan Investasi Atas Rencana Penambahan Aktiva Tetap. *Jurnal Administrasi Bisnis (JAB)* Vol. 46 No. 1.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **LAMPIRAN**

- Lampiran A Data Ekspor CPO
- Lampiran B Hasil Perhitungan Teknis
- Lampiran C Hasil Perhitungan Ekonomis
- Lampiran D Berita Pendukung
- Lampiran E Desain Rencana Garis
- Lampiran F Desain Rencana Umum

**LAMPIRAN A**  
**DATA EKSPOR CPO**

**DATA EKSPOR CPO DARI PELABUHAN DUMAI KE SINGAPURA TAHUN 2012**  
**SUMBER : PELABUHAN INDONESIA I (KANTOR CABANG DUMAI)**

<b>NAMA KAPAL</b>	<b>NO UKK</b>	<b>KD KMS</b>	<b>KETERANGAN BARANG</b>	<b>JUMLAH (TON)</b>	<b>NAMA PELABUHAN</b>
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
AMY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
BUNGA ALAMANDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	6000	Singapore
BUNGA ALAMANDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
BUNGA ALAMANDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
BUNGA ALAMANDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
BUNGA ALAMANDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
BUNGA ALAMANDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
BUNGA ASTER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3500	Singapore
BUNGA ASTER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	4500	Singapore
BUNGA ASTER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
CAPE DAWSON, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
CAPE DAWSON, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	6000	Singapore
CAPE DAWSON, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
DIAMOND ORCHID, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
DIAMOND ORCHID, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
DIAMOND ORCHID, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
FENG HAI 17, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
FENG HAI 17, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 17, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 17, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 17, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 17, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 17, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	3500	Singapore
FENG HAI 17, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	7500	Singapore
FENG HAI 21, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
FENG HAI 21, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	6500	Singapore
FENG HAI 21, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 21, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 21, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 21, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
FENG HAI 21, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
FENG HAI 21, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENG HAI 21, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore

GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GLOBAL THEMIS, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GOLDEN OCEANIA, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
HORIZON ATHENA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	986	Singapore
HORIZON ATHENA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	494	Singapore
HORIZON ATHENA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4950	Singapore
HORIZON ATHENA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	494	Singapore
HORIZON ATHENA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	986	Singapore
HORIZON,MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
HORIZON,MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
HORIZON,MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
HORIZON,MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
HORIZON,MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
HORIZON,MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
HUITONG 56, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
HUITONG 56, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
HUITONG 56, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
INTREPID CANADA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
INTREPID CANADA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
INTREPID CANADA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	4520	Singapore
INTREPID CANADA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
MALPENSA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	850	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	990	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	490	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	16400	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1990	Singapore
MARIANNE KIRK, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
NAVIG 8 MALAU, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
NAVIG 8 MALAU, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	6000	Singapore
NAVIG 8 MALAU, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	6000	Singapore
OVERSEAS ATHENS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	800	Singapore
OVERSEAS ATHENS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
OVERSEAS ATHENS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
OVERSEAS ATHENS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
OVERSEAS ATHENS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
PVT EAGLE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
PVT EAGLE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
PVT EAGLE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	5500	Singapore
PVT EAGLE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
SP AMSTERDAM, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
SP AMSTERDAM, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
SP AMSTERDAM, MT	10	CC01	CRUDE PALM OIL	1510	Singapore
SP AMSTERDAM, MT	10	CC01	CRUDE PALM OIL	1510	Singapore
SP AMSTERDAM, MT	10	CC01	CRUDE PALM OIL	490	Singapore
SP AMSTERDAM, MT	10	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore

SP AMSTERDAM, MT	10	CC01	CRUDE PALM OIL	490	Singapore
STAVAANGER BREEZE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
STAVAANGER BREEZE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
STAVAANGER BREEZE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	5500	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
STX HERO, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
TITAN GLORY, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	4500	Singapore
TITAN GLORY, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TITAN GLORY, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
TITAN GLORY, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
TORM HORIZON, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	600	Singapore
TORM HORIZON, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
TORM HORIZON, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
VALOROUS QUEEN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
VALOROUS QUEEN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
VALROSSA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
VALROSSA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	6000	Singapore
VALROSSA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
VALROSSA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
<b>TOTAL EKSPOR</b>				<b>271050</b>	<b>ton</b>

**DATA EKSPOR CPO DARI PELABUHAN DUMAI KE SINGAPURA TAHUN 2013**  
**SUMBER : PELABUHAN INDONESIA I (KANTOR CABANG DUMAI)**

<b>NAMA KAPAL</b>	<b>NO UKK</b>	<b>KD KMS</b>	<b>KETERANGAN BARANG</b>	<b>JUMLAH (TON)</b>	<b>NAMA PELABUHAN</b>
AKERAIOS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
ANGEL NO.12, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
ANGEL NO.12, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	3500	Singapore
BRITTA MAERSK, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	6060	Singapore
BRITTA MAERSK, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
CALAKMUL, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
CALAKMUL, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
CALAKMUL, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	12000	Singapore
CHEMROAD DITA, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	9380	Singapore
CHEMROAD DITA, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	3500	Singapore
CHEMROUTE PEGASUS, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
CHEMROUTE PEGASUS, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	10500	Singapore
CHEMROUTE PEGASUS, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
CITRUS, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
CITRUS, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
CM MAYA, MT	13	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
CM MAYA, MT	13	CC01	CRUDE PALM OIL	3200	Singapore
EMA QUERIDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
EMA QUERIDA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
FENG HAI 10, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
FENG HAI 10, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	8500	Singapore
FENG HAI 11, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
FENG HAI 11, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
FENG HAI 11, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
FENG HAI 13, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
FENG HAI 13, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	5980	Singapore
FENGHAI 22, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
FENGHAI 22, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
FENGHAI 22, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	5500	Singapore
FENGHAI 22, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
FENGHAI 22, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
FENGHAI 22, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
FREJA PHOENIX, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
FREJA PHOENIX, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
GLAFKOS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
GLOBAL MARS ,MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	12000	Singapore
HIGH TIDE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
HIGH TIDE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
HIGH TIDE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
KAPPA SEA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
KAPPA SEA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
KAPPA SEA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
KAPPA SEA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1800	Singapore
KING GREGORY, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
MELODY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
MELODY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
MELODY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
MELODY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
PROSPERITY, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore



RONGZHOU, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
RONGZHOU, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	11500	Singapore
SITEAM ANJA, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	8500	Singapore
SITEAM ANJA, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
STRIMON, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	6500	Singapore
STRIMON, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
STRIMON, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
STX EASTERN, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	9800	Singapore
STX HERO, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
STX HERO, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	7500	Singapore
STX HERO, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	1330	Singapore
STX HERO, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	2170	Singapore
STX HERO, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	835	Singapore
STX HERO, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	2700	Singapore
STX HERO, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
STX HERO, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TIGER SPRING, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TIGER SPRING, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
TIGER SPRING, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	3300	Singapore
TIGER SPRING, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
TIGER SPRING, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	6300	Singapore
TIGER SPRING, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
TIGER SPRING, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	6300	Singapore
TIGER SPRING, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	300	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TIGER SUMMER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TIGER SUMMER, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
TIGER SUMMER, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
TITAN GLORY, MT	16	CC01	CRUDE PALM OIL	1900	Singapore
UBT FJORD, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	5500	Singapore
UBT FJORD, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
UBT FJORD, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	950	Singapore
UBT FJORD, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
UNIQUE INFINITY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
YU FENG 6. MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	2300	Singapore
YU FENG 6. MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
YU FENG 6. MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
YU FENG 6. MT	10	CC01	CRUDE PALM OIL	1300	Singapore
ZHEN YANG 29, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
ZHEN YANG 29, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
<b>TOTAL EKSPOR</b>				<b>314405</b>	<b>ton</b>

**DATA EKSPOR CPO DARI PELABUHAN DUMAI KE SINGAPURA TAHUN 2014**  
**SUMBER : PELABUHAN INDONESIA I (KANTOR CABANG DUMAI)**

<b>NAMA KAPAL</b>	<b>NO UKK</b>	<b>KD KMS</b>	<b>KETERANGAN BARANG</b>	<b>JUMLAH (TON)</b>	<b>NAMA PELABUHAN</b>
AMALIENBORG, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	20000	Singapore
AQUAMARINE II, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
AQUAMARINE II, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	11500	Singapore
AQUAMARINE II, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
AQUAMARINE II, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
AQUAMARINE II, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
ARDMORE SEAVALIANT, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
CM MAYA, MT	15	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
CP 43, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
CP 43, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
CP 43, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
CP 43, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
DYNA TANK, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
ELANDRA LEOPARD, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	5500	Singapore
ELANDRA LEOPARD, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	10500	Singapore
EVINOS, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
FADL-E-RABBI, MT	12	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
FADL-E-RABBI, MT	12	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
FRONT DEE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3500	Singapore
FRONT DEE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	8700	Singapore
GLENDA MERYL, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	6069	Singapore
GLENDA MERYL, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1525	Singapore
GRAZIA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	16249	Singapore
GRAZIA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
GREAT STAR, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	12000	Singapore
GREAT STAR, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
HAI SOON 61, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
HAI SOON 61, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
HAI SOON 61, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3030	Singapore
HANOVER TRADER, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	490	Singapore
HANOVER TRADER, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1960	Singapore
HANOVER TRADER, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3500	Singapore
MR PAT BROWN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	12000	Singapore
MR PAT BROWN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
NICOS TOMASOS, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
NORDIC HANNE, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	9000	Singapore
OCEANIC CYAN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	12000	Singapore
OVERSEAS ALCESMAR, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	6500	Singapore
SITEAM DISCOVERER,MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
SITEAM DISCOVERER,MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
SITEAM DISCOVERER,MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	250	Singapore
ST. JOHANNIS, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	13000	Singapore
STENAWECO GLADYS W, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	16000	Singapore
STENAWECO SPIRIT, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
STI BATTERY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
STI BATTERY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3500	Singapore
STI CAMDEN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
STI COMANDANTE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	24000	Singapore
STI COMANDANTE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore

STI DAMA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	11000	Singapore
STI PIMLICO, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
STI POWAI, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	8500	Singapore
STI REGINA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
TIGER SPRING, MT	8	CC01	CRUDE PALM OIL	4700	Singapore
TIGER SPRING, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	2275	Singapore
WINNER, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
<b>TOTAL EKSPOR</b>				<b>340248</b>	<b>ton</b>

**DATA EKSPOR CPO DARI PELABUHAN DUMAI KE SINGAPURA TAHUN 2015**  
**SUMBER : PELABUHAN INDONESIA I (KANTOR CABANG DUMAI)**

<b>NAMA KAPAL</b>	<b>NO UKK</b>	<b>KD KMS</b>	<b>KETERANGAN BARANG</b>	<b>JUMLAH (TON)</b>	<b>NAMA PELABUHAN</b>
ATLANTIC BREEZE, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	17250	Singapore
BRITTA MAERSK, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2450	Singapore
CP 38, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
ERIKA SCHULTE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
FENG HAI 13, MT	14	CC01	CRUDE PALM OIL	3800	Singapore
GOLDEN AMBROSIA, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
GOLDEN AMBROSIA, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
GOLDEN AMBROSIA, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
GOLDEN AMBROSIA, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	4500	Singapore
HAFNIA BERING, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	20000	Singapore
HAFNIA SUNDA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	18400	Singapore
HAI SOON 61, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	5500	Singapore
HAI SOON 61, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	3300	Singapore
HIGH MERCURY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1998	Singapore
LYNDA VICTORY, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	4500	Singapore
MAERSK TACOMA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
MEGACORE HONAMI, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1020	Singapore
MEGACORE HONAMI, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
MTM YANGON, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	14500	Singapore
MTM YANGON, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
MTM YANGON, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
MTM YANGON, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
NAVE VELOCITY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
NAVE VELOCITY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
NAVE VELOCITY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
NOLOWATI. MT	15	CC01	CRUDE PALM OIL	4850	Singapore
NORD SUPERIOR, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
NORD SUPERIOR, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
SICHEM FUMI, MT	18	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
SICHEM MARSEILLE, MT	11	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
SILVER CAITRIONA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	9000	Singapore
SILVER DOVER, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
SILVER DOVER, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	5500	Singapore
SILVER ESTHER, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
STENAWECO EVOLUTION, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	13000	Singapore
STENAWECO EVOLUTION, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
STENAWECO JULIA L, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
STENAWECO MARJORIE K, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	20000	Singapore
STENAWECO MARJORIE K, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	9000	Singapore
STENAWECO MARJORIE K, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	20050	Singapore
STENAWECO SPIRIT, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	18000	Singapore
STI BROOKLYN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
STI SENECA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	20000	Singapore
SUCCESS MARLINA XXXIII, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	7000	Singapore
TORM THOR, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
TORM THOR, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1200	Singapore
UACC RIYADH, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
UACC RIYADH, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	4500	Singapore
UACC RIYADH, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore

UACC RIYADH, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
UACC RIYADH, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
WINNER, MT	10	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
<b>TOTAL EKSPOR</b>				<b>325318</b>	<b>ton</b>

**DATA EKSPOR CPO DARI PELABUHAN DUMAI KE SINGAPURA TAHUN 2016**  
**SUMBER : PELABUHAN INDONESIA I (KANTOR CABANG DUMAI)**

<b>NAMA KAPAL</b>	<b>NO UKK</b>	<b>KD KMS</b>	<b>KETERANGAN BARANG</b>	<b>JUMLAH (TON)</b>	<b>NAMA PELABUHAN</b>
AMALIENBORG, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
ANGEL NO 11, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
ATLANTIC FRONTIER, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
ATLANTIC FRONTIER, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
ATLANTIC FRONTIER, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
BLUE CRYSTAL, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
BLUE CRYSTAL, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
BORCHALI, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	7500	Singapore
BORCHALI, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
CHEMBULK SINGAPORE, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	2200	Singapore
CHEMBULK SINGAPORE, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	3400	Singapore
CHEMBULK SINGAPORE, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	2800	Singapore
CHEMBULK SINGAPORE, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	1600	Singapore
CIELO DI SALERNO, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
CIELO DI SALERNO, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2700	Singapore
FENGHAI 33, MT	6	CC01	CRUDE PALM OIL	5000	Singapore
GAO CHENG 3, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	10000	Singapore
GSW FUTURE, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	4910	Singapore
GSW FUTURE, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	3920	Singapore
GSW FUTURE, MT	5	CC01	CRUDE PALM OIL	2450	Singapore
HAFNIA GREEN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	6000	Singapore
HAFNIA GREEN, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
HAI SOON 61, MT	7	CC01	CRUDE PALM OIL	5800	Singapore
HAI SOON 61, MT	8	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
HAI SOON 61, MT	8	CC01	CRUDE PALM OIL	996	Singapore
HAI SOON 61, MT	8	CC01	CRUDE PALM OIL	3800	Singapore
HAI SOON 61, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	5300	Singapore
HAI SOON 61, MT	9	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
HAI SOON 61, MT	11	CC01	CRUDE PALM OIL	1800	Singapore
HAI SOON 61, MT	11	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore
HOUYOSHI PARK, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
MAERSK BERING, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	5325	Singapore
MAERSK BERING, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
MOOR, MT	4	CC01	CRUDE PALM OIL	2150	Singapore
NCC NASMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3300	Singapore
NCC NASMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
NCC NASMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2750	Singapore
NCC NASMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2450	Singapore
NCC SAMA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	6568	Singapore
NCC SAMA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2933	Singapore
NEELAMBARI, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
NOLOWATI. MT	16	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
NORD VALIANT, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	6000	Singapore
POLARIS, MT.	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1800	Singapore
POLARIS, MT.	2	CC01	CRUDE PALM OIL	4500	Singapore
POLITISA LADY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	12700	Singapore
POLITISA LADY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2700	Singapore
POLITISA LADY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2050	Singapore
POLITISA LADY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4000	Singapore

POLITISA LADY, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2550	Singapore
SILVER DUBAI, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2875	Singapore
SILVER DUBAI, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2900	Singapore
SILVER DUBAI, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	5550	Singapore
SILVER DUBAI, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2050	Singapore
SILVER ERVILIA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3400	Singapore
SILVER ERVILIA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	6400	Singapore
SILVER ERVILIA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
SILVER ERVILIA, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3300	Singapore
SILVER MILLIE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
SILVER MILLIE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	5900	Singapore
SILVER MILLIE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
SILVER VALERIE, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
SILVER VALERIE, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
SILVER VALERIE, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
SILVER VALERIE, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1500	Singapore
SITEAM ADVENTURER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3650	Singapore
SITEAM ADVENTURER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
SITEAM ADVENTURER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1100	Singapore
SITEAM ADVENTURER, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	5250	Singapore
STENA IMPORTANT, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4450	Singapore
STENA IMPORTANT, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	4250	Singapore
STENA IMPORTANT, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2050	Singapore
STENA IMPORTANT, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	5250	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2500	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	2200	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	1300	Singapore
STENA IMPRESSION, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	9500	Singapore
TEAM OSLO, MT	2	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
TRF KRISTIANDSAND, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
TRF MARQUETTE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	1300	Singapore
TRF MARQUETTE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2700	Singapore
TRF MARQUETTE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2300	Singapore
TRF MARQUETTE, MT	1	CC01	CRUDE PALM OIL	2600	Singapore
UACC MANAMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2150	Singapore
UACC MANAMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1250	Singapore
UACC MANAMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3600	Singapore
UACC MANAMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2000	Singapore
UACC MANAMA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3000	Singapore
UACC MANSOURIA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	3900	Singapore
UACC MANSOURIA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	8100	Singapore
UACC MANSOURIA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1800	Singapore
UACC MANSOURIA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	8000	Singapore
UACC MANSOURIA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	2300	Singapore
UACC SHAMIYA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	500	Singapore
UACC SHAMIYA, MT	3	CC01	CRUDE PALM OIL	1000	Singapore
<b>TOTAL EKSPOR</b>				<b>339327</b>	<b>ton</b>

**DATA EKSPOR CPO DARI PELABUHAN DUMAI KE SINGAPURA TAHUN 2017**  
**SUMBER : PELABUHAN INDONESIA I (KANTOR CABANG DUMAI)**

NAMA KAPAL	NO UKK	KD KMS	KETERANGAN BARANG	JUMLAH (TON)	NAMA PELABUHAN	BENDERA KAPAL	OPERATOR KAPAL	DWT (TON)
AMFITRION, MT	1	CC01	CPO	1000	Singapore	Liberia	Capital Ship Management	50102
AMFITRION, MT	1	CC01	CPO	6000	Singapore	Liberia	Capital Ship Management	50102
AMFITRION, MT	1	CC01	CPO	4000	Singapore	Liberia	Capital Ship Management	50102
AMFITRION, MT	1	CC01	CPO	9000	Singapore	Liberia	Capital Ship Management	50102
AMFITRION, MT	1	CC01	CPO	500	Singapore	Liberia	Capital Ship Management	50102
ASIA ASPARA, MT	14	CC01	CPO	2000	Singapore	Liberia	MSI Shipmanagement	14000
ATLANTIC BREEZE, MT	3	CC01	CPO	3000	Singapore	Hong Kong	Diamond Anglo Ship	49999
ATLANTIC BREEZE, MT	3	CC01	CPO	1500	Singapore	Hong Kong	Diamond Anglo Ship	49999
ATLANTIC BREEZE, MT	3	CC01	CPO	6400	Singapore	Hong Kong	Diamond Anglo Ship	49999
ATLANTIC BREEZE, MT	3	CC01	CPO	500	Singapore	Hong Kong	Diamond Anglo Ship	49999
ATLANTIC BREEZE, MT	3	CC01	CPO	6000	Singapore	Hong Kong	Diamond Anglo Ship	49999
BLUE OCEAN 02, MT	2	CC01	CPO	2700	Singapore	Vietnam	Thang Long Blue Ocean Shipping Company Limited	4936
BLUE OCEAN 02, MT	2	CC01	CPO	2000	Singapore	Vietnam	Thang Long Blue Ocean Shipping Company Limited	4936
BOCHEM CHENNAI, MT	3	CC01	CPO	2000	Singapore	Panama	Fleet Management Limited	19801
BOCHEM CHENNAI, MT	3	CC01	CPO	1400	Singapore	Panama	Fleet Management Limited	19801
BOCHEM CHENNAI, MT	3	CC01	CPO	3000	Singapore	Panama	Fleet Management Limited	19801
BUNGA ANGSANA, MT	9	CC01	CPO	5000	Singapore	Malaysia	Eaglestar Shipmanagement (L)	38001
C.P.38, MT	21	CC01	CPO	4500	Singapore	Thailand		6712
C.P.38, MT	21	CC01	CPO	1000	Singapore	Thailand		6712
CHEMBULK NEW ORLEANS, MT	2	CC01	CPO	1880	Singapore	Marshall Is	Thome Ship Management	32363
ECE NUR K. MT	7	CC01	CPO	5000	Singapore	Malta	K TANKERCILIK AND GEMI	19988
ECE NUR K. MT	7	CC01	CPO	3400	Singapore	Malta	K TANKERCILIK AND GEMI	19988
ECE NUR K. MT	7	CC01	CPO	3600	Singapore	Malta	K TANKERCILIK AND GEMI	19988
ECE NUR K. MT	7	CC01	CPO	500	Singapore	Malta	K TANKERCILIK AND GEMI	19988
FENG HAI 13, MT	28	CC01	CPO	3000	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	8124
FENG HAI 13, MT	28	CC01	CPO	1600	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	8124
FENG HAI 13, MT	28	CC01	CPO	1000	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	8124
FENG HAI 13, MT	28	CC01	CPO	1835	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	8124
FENG HAI 36, MT	5	CC01	CPO	1000	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	19975
FENG HAI 36, MT	5	CC01	CPO	1200	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	19975
FENG HAI 36, MT	5	CC01	CPO	1000	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	19975
FENG HAI 36, MT	5	CC01	CPO	1000	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	19975
FENG HAI 36, MT	5	CC01	CPO	2000	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	19975
FENG HAI 36, MT	5	CC01	CPO	7210	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	19975
FENG HAI 36, MT	5	CC01	CPO	5100	Singapore	China	Fenghai Ocean Shipping	19975
GLOBAL JUPITER, MT	16	CC01	CPO	9000	Singapore	Panama	Global Marine Services	13001
GLOBAL MARS, MT	8	CC01	CPO	3000	Singapore	Panama	Global Marine Services	12898
GLOBAL VENUS, MT	11	CC01	CPO	2000	Singapore	Panama	Global Marine Services	12871
GRAND ACE 8, MT	1	CC01	CPO	1500	Singapore	Panama	POS SM Co., LTD	46197
GRAND ACE 8, MT	1	CC01	CPO	500	Singapore	Panama	POS SM Co., LTD	46197
GRAND ACE 8, MT	1	CC01	CPO	6700	Singapore	Panama	POS SM Co., LTD	46197
GREEN SEA, MT	2	CC01	CPO	5000	Singapore	Liberia	Aegan Shipping Management SA	51200
GREEN SEA, MT	2	CC01	CPO	4000	Singapore	Liberia	Aegan Shipping Management SA	51200
GREEN SEA, MT	2	CC01	CPO	2800	Singapore	Liberia	Aegan Shipping Management SA	51200
GREEN SEA, MT	2	CC01	CPO	3200	Singapore	Liberia	Aegan Shipping Management SA	51200
HIGH FIDELITY, MT	1	CC01	CPO	2000	Singapore	Liberia	d'Amico Societa di Navigazione	49990
HIGH FIDELITY, MT	1	CC01	CPO	2000	Singapore	Liberia	d'Amico Societa di Navigazione	49990
KRONBORG, MT	2	CC01	CPO	2000	Singapore	Liberia	Oceangold Tankers	40208
KRONBORG, MT	2	CC01	CPO	5000	Singapore	Liberia	Oceangold Tankers	40208
LADA, MT	1	CC01	CPO	1900	Singapore	Russia		6589
LADY MALOU, MT	2	CC01	CPO	1000	Singapore	Greece	Consolidated Marine	51486
LADY MALOU, MT	2	CC01	CPO	3000	Singapore	Greece	Consolidated Marine	51486
MR ORESTES, MT	1	CC01	CPO	4998	Singapore	Marshall Is	Empire Navigation Inc	50106
MR ORESTES, MT	1	CC01	CPO	620	Singapore	Marshall Is	Empire Navigation Inc	50106
MR ORESTES, MT	1	CC01	CPO	1500	Singapore	Marshall Is	Empire Navigation Inc	50106
MR ORESTES, MT	1	CC01	CPO	500	Singapore	Marshall Is	Empire Navigation Inc	50106
MTM GIBRALTAR, MT	7	CC01	CPO	2000	Singapore	Singapore	M.T.M Ship Management Pte.	20810
MTM GIBRALTAR, MT	7	CC01	CPO	1000	Singapore	Singapore	M.T.M Ship Management Pte.	20810
MTM GIBRALTAR, MT	7	CC01	CPO	7383	Singapore	Singapore	M.T.M Ship Management Pte.	20810
NAVIG8 ANDESINE, MT	2	CC01	CPO	3000	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd.	37596
NAVIG8 ANDESINE, MT	2	CC01	CPO	2000	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd.	37596
NAVIG8 ANDESINE, MT	2	CC01	CPO	5000	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd.	37596
NAVIG8 ANDESINE, MT	2	CC01	CPO	5000	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd.	37596
NAVIG8 CONSTELLATION, MT	2	CC01	CPO	2000	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd.	45281
NAVIG8 CONSTELLATION, MT	2	CC01	CPO	7500	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd.	45281
NAVIG8 CONSTELLATION, MT	2	CC01	CPO	9500	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd.	45281
NAVIG8 STELLAR, MT	2	CC01	CPO	3000	Singapore	Marshall Is	TB Marine Shipmanagement	25196
NAVIG8 VICTORIA, MT	2	CC01	CPO	5900	Singapore	Marshall Is	TB Marine Shipmanagement	49126
NAVIG8 VICTORIA, MT	2	CC01	CPO	2300	Singapore	Marshall Is	TB Marine Shipmanagement	49126
NAVIG8 VICTORIA, MT	2	CC01	CPO	1100	Singapore	Marshall Is	TB Marine Shipmanagement	49126
NAVIG8 VICTORIA, MT	2	CC01	CPO	645	Singapore	Marshall Is	TB Marine Shipmanagement	49126
NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	250	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544
NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	1000	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544
NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	2450	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544
NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	3100	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544
NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	1350	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544



NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	3000	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544
NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	3500	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544
NCC AMAL, MT	7	CC01	CPO	1000	Singapore	Saudi Arabia	Mideast Ship Management LTD	45544
PV OIL JUPITER, MT	4	CC01	CPO	3000	Singapore	Vietnam	PV Trans Oil	8758
PV OIL JUPITER, MT	4	CC01	CPO	5000	Singapore	Vietnam	PV Trans Oil	8758
RATNA BLESSING, MT	10	CC01	CPO	1000	Singapore	Singapore	Ocean Shipping - SINGAPORE	9130
SEHAT, MT	5	CC01	CPO	5280	Singapore	Malaysia	Shinline - MIRI, MALAYSIA	12729
SEHAT, MT	5	CC01	CPO	4920	Singapore	Malaysia	Shinline - MIRI, MALAYSIA	12729
SEHAT, MT	8	CC01	CPO	1000	Singapore	Malaysia	Shinline - MIRI, MALAYSIA	12729
SEHAT, MT	8	CC01	CPO	2000	Singapore	Malaysia	Shinline - MIRI, MALAYSIA	12729
SEHAT, MT	8	CC01	CPO	2850	Singapore	Malaysia	Shinline - MIRI, MALAYSIA	12729
SOUTHERN MERMAID, MT	2	CC01	CPO	3020	Singapore	Panama		17591
STELLAR LILAC, MT	4	CC01	CPO	2000	Singapore	Panama	Bernhard Schulte	12601
STENA IMAGINATION, MT	1	CC01	CPO	7400	Singapore	United Kingdom	Northern Marine Management	49689
STENA IMAGINATION, MT	1	CC01	CPO	2600	Singapore	United Kingdom	Northern Marine Management	49689
STENAWECO EXCELLENCE, MT	2	CC01	CPO	4500	Singapore	Liberia	Central Mare INC	49737
STENAWECO EXCELLENCE, MT	2	CC01	CPO	1200	Singapore	Liberia	Central Mare INC	49737
STENAWECO EXCELLENCE, MT	2	CC01	CPO	2500	Singapore	Liberia	Central Mare INC	49737
STENAWECO EXCELLENCE, MT	2	CC01	CPO	1800	Singapore	Liberia	Central Mare INC	49737
STENAWECO EXCELLENCE, MT	2	CC01	CPO	800	Singapore	Liberia	Central Mare INC	49737
STENAWECO EXCELLENCE, MT	2	CC01	CPO	3700	Singapore	Liberia	Central Mare INC	49737
SUNRISE HOPE, MT	2	CC01	CPO	6000	Singapore	Marshall Is	ST Marine Engineering - SAIKI, JAPAN	13008
TAIHUA GLORY, MT	4	CC01	CPO	1300	Singapore	Tuvalu	Taihua Ship Management Limited	11533
TAIHUA GLORY, MT	4	CC01	CPO	3000	Singapore	Tuvalu	Taihua Ship Management Limited	11533
TAIHUA GLORY, MT	4	CC01	CPO	1000	Singapore	Tuvalu	Taihua Ship Management Limited	11533
TAIHUA GLORY, MT	4	CC01	CPO	1000	Singapore	Tuvalu	Taihua Ship Management Limited	11533
TAIHUA GLORY, MT	4	CC01	CPO	1000	Singapore	Tuvalu	Taihua Ship Management Limited	11533
TAIHUA GLORY, MT	4	CC01	CPO	2000	Singapore	Tuvalu	Taihua Ship Management Limited	11533
TOREACH PIONEER, MT	17	CC01	CPO	4550	Singapore	Marshall Is	Toreach Marine - SINGAPORE	8126
TOREACH PIONEER, MT	17	CC01	CPO	3000	Singapore	Marshall Is	Toreach Marine - SINGAPORE	8126
TORM FREYA, MT	1	CC01	CPO	6015	Singapore	Singapore	TORM A/S	46350
TORM FREYA, MT	1	CC01	CPO	6100	Singapore	Singapore	TORM A/S	46350
TORM FREYA, MT	1	CC01	CPO	500	Singapore	Singapore	TORM A/S	46350
TRF BERGEN, MT	1	CC01	CPO	2000	Singapore	Marshall Is	Navig8 Shipmanagement Pte Ltd	49126
UACC MESSILA, MT	4	CC01	CPO	2500	Singapore	Marshall Is	Fleet Management Limited	45335
UACC MESSILA, MT	4	CC01	CPO	5000	Singapore	Marshall Is	Fleet Management Limited	45335
ZEYNEP A, MT	1	CC01	CPO	9000	Singapore	Malta		11276
<b>TOTAL EKSPOR</b>				<b>345556</b>	<b>ton</b>			
<b>JUMLAH KAPAL</b>				<b>41</b>	<b>kapal</b>			
<b>RATA-RATA EKSPOR PERTAHUN PERKAPAL</b>				<b>8428.20</b>	<b>ton</b>			

**LAMPIRAN B**  
**HASIL PERHITUNGAN TEKNIS**

## OPTIMISASI SELF-PROPELLED BARGE

CHANGING VARIABLE						
	Variable	Minimum	Design	Maksimum	Satuan	Keterangan
Ukuran Utama	L	40.89	66.26	85.70	m	OK
	B	9.60	16.02	22.00	m	OK
	H	2.90	5.13	6.09	m	OK
	T	1.92	3.81	4.51	m	OK

CONSTRAINTS						
Syarat Teknis	Item	Minimum	Design	Maksimum	Satuan	Keterangan
Perbandingan Ukuran Utama Kapal	L/B	3.27	4.14	5.71		OK
	B/T	3.33	4.20	6.34		OK
	L/T	16.46	17.38	24.78		OK
	L/H	12.00	12.92	18.95		OK
	B/H	3.13	3.13	4.06		OK
	T/H	0.64	0.74	0.94		OK
Froude Number	Fn	0.00	0.20	0.35		OK
Cargo Capacity	Boundary of Cargo Hold Capacity	0.00%	0.00%	5.00%	%	OK
Displacement	Displacement Check	2.00%	10.00%	10.00%	%	OK
Trim	Selisih Trim	0.00	0.331	0.331	m	OK
Freeboard & Bowheight	Actual Summer Freeboard	0.71	1.31		m	OK
	Minimum Bow Height	2.77	3.96		m	OK
Stabilitas	MG pada sudut oleng 0° (GM <sub>0</sub> )	0.15	4.26		m	OK
	Lengan dinamis pada 30° (e <sub>0,30</sub> °)	0.055	1.35		m rad	OK
	Lengan dinamis pada 40° (e <sub>0,40</sub> °)	0.09	2.31		m rad	OK
	Luas Kurva GZ antara 30° - 40° (e <sub>30,40</sub> °)	0.03	0.96		m rad	OK
	Lengan statis pada sudut oleng 30° (h <sub>30</sub> °)	0.20	10.65		m	OK
	Sudut kemiringan pada Ls maksimum (φ <sub>max</sub> )	25.0	46.06		°	OK

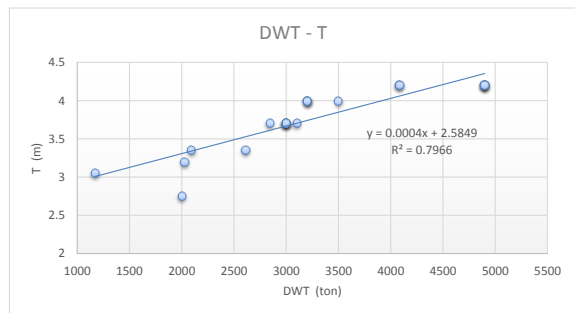
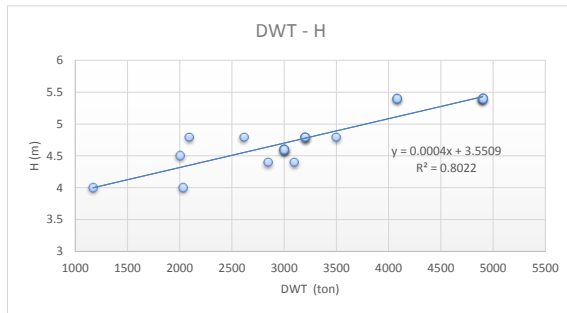
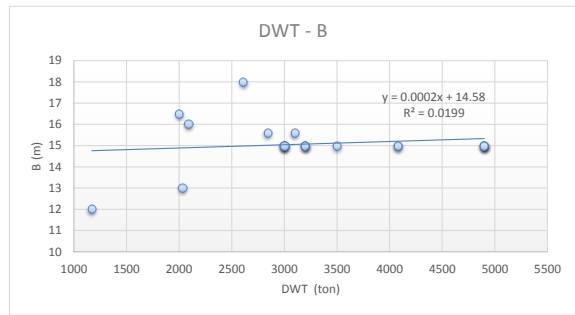
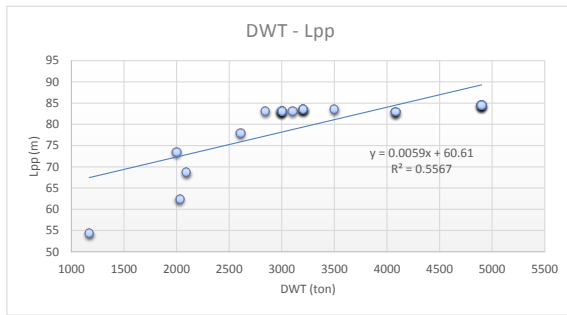
OBJECTIVE FUNCTION		
Item	Value	Satuan
Steel Cost	\$580,339	\$ USD
Electrode Cost	\$62,739	\$ USD
Structural Cost	\$643,078	\$ USD

CONSTANT VALUE		
Item	Value	Satuan
Payload	2400	ton
Speed	10	Knots
Sea Water Density	1025	kg/m <sup>3</sup>
Gravity	9.81	m/s <sup>2</sup>
Voyage Duration	35.20	jam
Cargo Density	0.92	kg/m <sup>3</sup>

**DATA KAPAL PEMBANDING**

No.	Nama Kapal	Tipe Kapal	DWT (ton)	LPP (m)	B (m)	H (m)	T (m)	Class
1	AKRA - 100	SPOB	1170	54.4	12	4	3.05	BKI
2	AKRA - 20	SPOB	2000	73.6	16.5	4.5	2.75	BKI
3	PETRO OCEAN VIII	SPOB	2030	62.5	13	4	3.2	BKI
4	WIJAYA KUSUMA - 2	SPOB	2091	68.7	16	4.8	3.35	BKI
5	WIJAYA KUSUMA - 3	SPOB	2610	78	18	4.8	3.35	BKI
6	TIRTA SAMUDRA - IX	SPOB	2844	83.16	15.6	4.4	3.7	BKI
7	TIRTA SAMUDRA XVIII	SPOB	3000	83.16	15	4.6	3.7	BKI
8	TIRTA SAMUDRA - XIX	SPOB	3000	83.16	15	4.6	3.7	BKI
9	TIRTA SAMUDRA XVIII	SPOB	3000	83.16	15	4.6	3.7	BKI
10	TIRTA SAMUDRA - XIX	SPOB	3000	83.16	15	4.6	3.7	BKI
11	SEROJA I	SPOB	3100	83.16	15.6	4.4	3.7	BKI
12	SRIKANDI 512	SPOB	3200	83.54	15	4.8	4	BKI
13	SRIKANDI 514	SPOB	3200	83.54	15	4.8	4	BKI
14	SRIKANDI 518	SPOB	3200	83.54	15	4.8	4	BKI
15	JUNEYAO MARU II	SPOB	3500	83.64	15	4.8	4	BKI
16	JUNEYAO MARU VI	SPOB	4080	83.1	15	5.4	4.2	BKI
17	JUNEYAO MARU V	SPOB	4083	83.1	15	5.4	4.2	BKI
18	JUNEYAO MARU III	SPOB	4900	84.56	15	5.4	4.2	BKI
19	MARU TRANS I	SPOB	4900	84.65	15	5.4	4.2	BKI
20	JUNEYAO MARU IV	SPOB	4900	84.65	15	5.4	4.2	BKI
21	MARU TRANS I	SPOB	4900	84.65	15	5.4	4.2	BKI

## GRAFIK REGRESI



Ukuran-ukuran Utama :	DWT = 2640 Ton
<b>DWT - Lpp = Slope(DWT) + Intercept</b>	
SLOPE =	0.0059
INTERCEPT =	60.6096
Lpp <sub>o</sub> estimasi =	76.07 m
Lpp <sub>o</sub> diambil =	66.26 m
<b>DWT - B = Slope(DWT) + Intercept</b>	
SLOPE =	0.0002
INTERCEPT =	14.5797
B <sub>o</sub> estimasi =	14.98 m
B <sub>o</sub> diambil =	16.02 m

Ukuran-ukuran Utama :	DWT = 2640 Ton
<b>DWT - H = Slope(DWT) + Intercept</b>	
SLOPE =	0.0004
INTERCEPT =	3.5509
H <sub>o</sub> estimasi =	4.56 m
H <sub>o</sub> diambil =	5.13 m
<b>DWT - T = Slope(DWT) + Intercept</b>	
SLOPE =	0.0004
INTERCEPT =	2.5849
T <sub>o</sub> estimasi =	3.54 m
T <sub>o</sub> diambil =	3.81 m

## Ukuran Utama Kapal

(Ship Design and Performance Masters and Mates)

### 1 Geosim Procedure

Data basic ship

DWT1 =	3000 ton	H1 =	4.6 m
L1 =	85 m		
B1 =	15.6 m		
T1 =	3.7 m		

Data new ship

DWT2 =	2640 ton
--------	----------

#### Perhitungan

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$$

$$(L_2/L_1)^3 = DWT_2/DWT_1$$

$$L_2/L_1 = (DWT_2/DWT_1)^{1/3}$$

$$L_2/L_1 = 0.958284$$

$$L_2/L_1 = K = 0.958284$$

L2 =	K*L1	81.45 m	H2 =	K*B1	4.41 m
B2 =	K*B1	14.95 m			
T2 =	K*T1	3.55 m			

Koreksi

$$W = L \times B \times H \times C_B \times \rho$$

$$\nabla = 3591.678 \text{ ton}$$

$$C_D = \frac{\text{deadweight}}{\text{displacement}} = \frac{\text{dwt}}{W}$$

$$C_D = 0.735$$

$$LWT = W - DWT = 951.678$$

#### Engineering judgement

Dari 2 perhitungan tersebut, kami memakai metode Geosim Procedure. Hal ini dikarenakan Hasil perhitungan metode Geosim Procedure lebih masuk akal dan dapat diterima. Dengan menerapkan metode perbandingan, semakin besar nilai DWT dari kapal maka semakin besar pula ukuran kapal new ship yang dihasilkan.

#### Ukuran Utama New Ship

L =	81.5 m
B =	14.9 m
H = D =	4.4 m
T =	3.5 m

#### Perbandingan Ukuran Utama Kapal

L/B=	5.470	Range	L/B= 3.27 ≤ x ≤ 5.71
B/H=	3.386	Range	B/H= 3.13 ≤ x ≤ 4.06
B/T=	4.257	Range	B/T= 3.33 ≤ x ≤ 6.34
L/T=	23.286	Range	L/T= 16.46 ≤ x ≤ 24.78
T/H=	0.795	Range	T/H= 0.64 ≤ x ≤ 0.94
L/H=	18.523	Range	L/H= 12 ≤ x ≤ 18.95

#### Note

Perbandingan	Keterangan
L/B	berpengaruh terhadap hambatan kapal
B/T	berpengaruh terhadap stabilitas
L/H	berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal

## Penentuan Syarat Perbandingan Ukuran Utama Kapal

Catatan : Untuk menentukan syarat perbandingan ukuran utama kapal digunakan perbandingan ukuran utama kapal-kapal SPB yang telah beroperasi dan terdaftar dalam Clasification (BKI & BV) kemudian dicari nilai maksimal dan minimal dari perbandingan- perbandingan tersebut dan dijadikan syarat perbandingan ukuran utama.

No	Nama Kapal	DWT	Lpp	B	H	T	Class	L/B	L/H	L/T	B/H	B/T	T/H
2	PETRO OCEAN - III	772	40.89	12.17	3	1.92	BKI	3.36	13.63	21.30	4.06	6.34	0.64
3	PETRO OCEAN XVI	793	46.61	9.6	2.9	2.2	BKI	4.86	16.07	21.19	3.31	4.36	0.76
6	AVIRRA II	918	41.47	12	3	2.52	BKI	3.46	13.82	16.46	4.00	4.76	0.84
7	ANUGERAH PERDANA 25	1200	57	12	3.3	2.3	BKI	4.75	17.27	24.78	3.64	5.22	0.70
8	PETRO OCEAN VIII	2030	62.5	13	4	3.2	BKI	4.81	15.63	19.53	3.25	4.06	0.80
9	BERKAT ANUGERAH 05	2560	72.9	15	4.8	3.5	BKI	4.86	15.19	20.83	3.13	4.29	0.73
10	TIRTA SAMUDRA - IX	2844	83.16	15.6	4.4	3.7	BKI	5.33	18.90	22.48	3.55	4.22	0.84
11	TIRTA SAMUDRA XVIII	3000	83.16	15	4.6	3.7	BKI	5.54	18.08	22.48	3.26	4.05	0.80
12	TIRTA SAMUDRA - XX	3000	85.12	15	4.6	3.7	BKI	5.67	18.50	23.01	3.26	4.05	0.80
13	TIRTA SAMUDRA - XXI	3000	85.12	15	4.6	3.7	BKI	5.67	18.50	23.01	3.26	4.05	0.80
14	TIRTA SAMUDRA - XXV	3000	85	15.6	4.6	3.7	BKI	5.45	18.48	22.97	3.39	4.22	0.80
15	TIRTA SAMUDRA - XXIII	3000	85	15.6	4.6	3.7	BKI	5.45	18.48	22.97	3.39	4.22	0.80
16	TIRTA SAMUDRA - XXII	3000	85.12	15	4.6	3.7	BKI	5.67	18.50	23.01	3.26	4.05	0.80
17	TIRTA SAMUDRA - XIX	3000	83.16	15	4.6	3.7	BKI	5.54	18.08	22.48	3.26	4.05	0.80
18	LUCINDA	3000	84.29	15	4.8	4.51	BKI	5.62	17.56	18.69	3.13	3.33	0.94
19	SEROJA I	3100	83.16	15.6	4.4	3.7	BKI	5.33	18.90	22.48	3.55	4.22	0.84
20	KSL PELICAN 5	3185	75.5	15.8	4.8	3.86	BV	4.78	15.73	19.56	3.29	4.09	0.80
21	KSL PELICAN 2	3185	75.5	15.8	4.8	3.86	BV	4.78	15.73	19.56	3.29	4.09	0.80
22	KSL PELICAN 4	3185	75.5	15.8	4.8	3.86	BV	4.78	15.73	19.56	3.29	4.09	0.80
23	KSL PELICAN 1	3185	75.5	15.8	4.8	3.86	BV	4.78	15.73	19.56	3.29	4.09	0.80
24	KSL PELICAN 3	3185	75.5	15.8	4.8	3.86	BV	4.78	15.73	19.56	3.29	4.09	0.80
25	SRIKANDI 512	3200	83.54	15	4.8	4	BKI	5.57	17.40	20.89	3.13	3.75	0.83
26	SRIKANDI 514	3200	83.54	15	4.8	4	BKI	5.57	17.40	20.89	3.13	3.75	0.83
27	SRIKANDI 515	3200	85.7	15	4.8	4	BKI	5.71	17.85	21.43	3.13	3.75	0.83
28	SRIKANDI 518	3200	83.54	15	4.8	4	BKI	5.57	17.40	20.89	3.13	3.75	0.83
29	SEROJA II	3500	83.36	15.6	4.4	3.91	BKI	5.34	18.95	21.32	3.55	3.99	0.89
30	SEROJA III	3500	83.36	15.6	4.4	3.91	BKI	5.34	18.95	21.32	3.55	3.99	0.89
32	SEROJA VII	3500	84.29	15	4.8	4.5	BKI	5.62	17.56	18.73	3.13	3.33	0.94
33	SEROJA VIII	3500	84.29	15	4.8	4.5	BKI	5.62	17.56	18.73	3.13	3.33	0.94
34	PERSADA XXVII	3500	84.29	15	4.8	4.1	BKI	5.62	17.56	20.56	3.13	3.66	0.85
35	JUNEYAO MARU II	3500	83.64	15	4.8	4	BKI	5.58	17.43	20.91	3.13	3.75	0.83
38	MUSI PROSPERITY	4562	72	22	6	4.19	BKI	3.27	12.00	17.18	3.67	5.25	0.70
46	JELITA NADIA	5391	71.24	18	5.42	4.05	BKI	3.96	13.14	17.59	3.32	4.44	0.75
47	ATMANIWEDHANA 88	6143	82.19	21.94	6.09	4.5	BKI	3.75	13.50	18.26	3.60	4.88	0.74

**Nilai Maksimal =** 5.71 18.95 24.78 4.06 6.34 0.94  
**Nilai Minimal =** 3.27 12.00 16.46 3.13 3.33 0.64

	L/B	L/H	L/T	B/H	B/T	T/H	L	B	H	T
Maksimal	5.71	18.95	24.78	4.06	6.34	0.94	85.70	22.00	6.09	4.51
Minimal	3.27	12.00	16.46	3.13	3.33	0.64	40.89	9.60	2.90	1.92

## Perhitungan Koefisien

### Input Data :

$L_o =$	66.26 m	$B_o/T_o =$	4.202
$H_o =$	5.13 m	$T_o/H_o =$	0.744
$B_o =$	16.02 m	$V_s =$	10 Knots
$T_o =$	3.81 m	$V_s =$	5.144 m/s
$F_n =$	0.198	$\rho =$	1.025 kg/m <sup>3</sup>
$L_o/B_o =$	4.136		

### Perhitungan :

#### • Froude Number Dasar

Principle of Naval Architecture Vol.II hlm.54

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$F_n = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$= 0.1978$$

$F_n \leq 0,2$  ; Kapal Lambat

$0,2 < F_n < 0,35$  ; Kapal Sedang

$F_n \Rightarrow 0,35$  ; Kapal Cepat

#### • Ratio ukuran utama kapal :

$$L_o/B_o = 4.136 \rightarrow 3.5 < L/B < 10 \quad \text{OK}$$

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

$$B_o/T_o = 4.202 \rightarrow 1.8 < B/T < 5 \quad \text{OK}$$

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

$$L_o/T_o = 17.378 \rightarrow 10 < L/T < 30 \quad \text{OK}$$

Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19

#### • Block Coefficient (Watson & Gilfillan) :

Parametric design halaman 11-11

$$C_b \text{ perhitungan} = -4.22 + 27.8 \sqrt{F_n} - 39.1 F_n + 46.6 F_n^3$$

$$\rightarrow 0,15 \leq F_n \leq 0,3$$

$$C_b \text{ perhitungan} = 0.771$$

$$F_n = 0.198$$

$$C_b \text{ diambil} = 0.900$$

#### • Midship Section Coefficient (Series 60')

Parametric design halaman 11-12

$$C_m = 0.977 + 0.085(C_b - 0.6)$$

$$C_m = 0.991$$

$$C_m \text{ diambil} = 1.000$$

#### • Waterplan Coefficient

Parametric design halaman 11-16

$$C_{wp} = 0.180 + 0.860 C_p$$

$$C_{wp} = 0.954$$

#### • Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)

Parametric design halaman 11-19

$$LCB = -13.5 + 19.4 \cdot C_p$$

$$= 3.960 \% L_{pp}, \text{ LCB dari Midship} \quad LCB/LPP \cdot (\%)$$

$$= 35.755 \text{ m, LCB dari AP} \quad LPP/2 + (\% \cdot LPP)$$

$$30.5074404428237$$

$$0.44269$$

#### • Prismatic Coefficient

$$C_p = C_b/C_m$$

$$C_p = 0.900$$

#### • Lwl

$$L_{wl} = 1.04 L_{pp}$$

$$L_{wl} = 68.91 \text{ m}$$

#### • Vol. Displacement (m<sup>3</sup>)

$$\nabla = L \cdot B \cdot T \cdot C_B$$

$$= 3789.383 \text{ m}^3$$

#### • Displacemen Δ (ton)

$$\Delta = L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \gamma$$

$$\Delta = 3884.118 \text{ ton}$$

#### • Frame Spacing (f)

BKI Vol. II 2006

$$f = 600 \text{ mm}$$

$$f = 0.6 \text{ m}$$



## Resistance Calculation

[ Holtrop & Mennen Method ]

### Input Data :

L <sub>o</sub> =	66.26 m	Cb =	0.900
H <sub>o</sub> =	5.13 m	Cm =	1.000
B <sub>o</sub> =	16.02 m	Cwp =	0.954
T <sub>o</sub> =	3.81 m	Cp =	0.900
Fn =	0.19784		

Choice No.	C <sub>stern</sub>	Used for
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V - Shaped Sections
3	0	Normal Sectional Shape
4	10	U - Shaped Section With Hogner Stern

### Perhitungan :

#### Viscos Resistance

$$Lwl = 104\% \cdot Lpp = 68.91 \quad m$$

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} = 0.1978$$

#### • C<sub>F0</sub> ( Friction Coefficient - ITTC 1957)

Angka Reynould

$$Rn = Lwl \cdot \frac{Vs}{\nu} \quad \nu = 1.18831 \cdot 10^{-6}$$

$$Rn = 298314940.39$$

Koefisien Tahanan Gesek

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$CF0 = 0.001789$$

$$Rn = Lwl \cdot \frac{Vs}{\nu} \quad \nu = 1.18831 \cdot 10^{-6}$$

$$Rn = 298314940.39$$

#### • Harga 1 + k<sub>1</sub>

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.487c \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right) \cdot 0.3649 (1 - C_p)^{-0.6042}$$

$$= 1.651$$

$$c = 1 + 0.011 c_{stern} \quad c_{stern} = 0, \text{ karena bentuk Afterbody normal}$$

$$= 1$$

$$\frac{L_R}{L} = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$$

$$= 0.1822462$$

$$Lwl^3 / \nabla = 86.366$$

## Resistance of Appendages

### Wetted Surface Area (S)

$$A_{BT} = \text{cross sectional area of bulb in FP}$$

$$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_m$$

$$= 0 \rightarrow \text{tanpa bulb}$$

$$S = L(2T+B)C_M^{0.5} (0.4530+0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.00346\frac{B}{T} + 0.3696C_{WP}) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B}$$

$$S = 1471.787$$

$$S_{Rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100}$$

$$8.843$$

$$S_{Bilge\ Keel} = L_{Keel} \cdot H_{Keel} \cdot 4 \quad L_{Keel} = 0.6 \cdot C_b \cdot L \quad H_{Keel} = 1.8 / (C_b - 0.2)$$

$$= 0.000 \quad = 37.213 \quad = 0.257$$

$$S_{app} = \text{total wetted surface of appendages}$$

$$= S_{Rudder} + S_{Bilge\ Keel} + S_{bulbous}$$

$$= 8.843$$

$$S_{tot} = \text{wetted surface of bare hull and appendages}$$

$$= S + S_{app}$$

$$= 1480.631$$

### Harga 1 + k2

$$(1+k_2)_{\text{effective}} = \frac{\sum S_i (1+k_2)_i}{\sum S_i}$$

$$= 1.4$$

$$\text{Harga } (1+k_2) = 1.3 - 1.5 \rightarrow \text{rudder of single screw ship}$$

$$= 1.4 \rightarrow \text{for Bilge Keel}$$

$$(1+k_2) = 1.400$$

$$1+k = 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$$

$$= 1.6495$$

## Wave Making Resistance

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$= 29.02310$$

$$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25 \quad B/L = 0.233$$

$$= 0.23251$$

$$\text{Even Keel} \rightarrow \begin{matrix} T_a = T \\ T_f = T \end{matrix}$$

$$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 16225 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left( LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T} \right)^3$$

$$= 69.2301$$

### Harga m1

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

$$= -2.351$$

$$C_5 = 1.09407 \rightarrow C_p \geq 0.8$$

$$= 1.094$$

• **Harga  $m_2$**

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}} \quad \begin{array}{l} F_n^{-3.29} = 0.01223 \\ e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0.00089 \end{array}$$

$$= -0.000603$$

$$C_6 = -1.69385 \rightarrow L^3 / \nabla \leq 512 \quad \frac{L^3}{\nabla} = 86.366$$

• **Harga  $\lambda$**

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \rightarrow L/B \leq 12 \quad L/B = 4.3009$$

$$= 1.1723715$$

• **Harga  $C_2$**

$$C_2 = 1 \rightarrow \text{without bulb} \quad d = -0.9$$

• **Harga  $C_3$**

$$C_3 = 1 - 0.8 A_T / (B \cdot T \cdot C_M)$$

$$= 1$$

$A_T = 0$   
the immersed area of the transom at  
 $A_T = \text{zero speed}$   
Saat  $V = 0$ , Transom tidak tercelup air

• **Harga  $R_w/w$**

$$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_i \cdot F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

$$= 0.0011840$$

**Air Resistance**

•  **$C_A$  (Correlation Allowance)**

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100) - 0.16 - 0.00205 \rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04 \quad Tf/Lwl = 0.055$$

$$= 0.000591$$

• **W (gaya berat)**

$$W = \rho \cdot g \cdot \nabla$$

$$= 38103.197 \text{ N}$$

•  **$R_{\text{total}}$**

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{\text{tot}} [C_F (1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W$$

$$= 71160.531 \text{ N}$$

$$= 71.161 \text{ kN}$$

•  **$R_{\text{total}} + 15\%$  (margin)**

$$= 81.835 \text{ kN}$$

## Propulsion & Power Calculation

### Input Data :

		D =	2.479 m
R <sub>T</sub> =	81.835 kN	D diambil =	2.479 m
P/D =	1	Z =	4
n (rpm) =	110 kapal lambat (60	AE/AO =	0.4
n (rps) =	1.833 -150 rpm)	PE (kW) =	420.9572367 kw
Fn =	0.198	ρ =	1.025
		Rn propeler =	298314940.39

### Perhitungan :

#### ω (Wake Friction)

$$C_V = (1+k) \cdot C_{FO} + C_A$$

$$= 0.0035$$

$$\omega = 0,3 C_B + 10 C_V \cdot C_B - 0,1 \quad \rightarrow t = 0,1 \text{ dan } \eta_R = 0,98$$

$$= 0.202$$

#### Propulsive Coefficient (η<sub>D</sub>)

$$J = \frac{V_A}{nD}$$

$$= 0.904$$

$$\omega_F = \frac{V - V_A}{V_A}$$

$$= 0.253$$

$$V_A = V(1-\omega)$$

$$= 4.106$$

$$\eta_0 = \frac{J}{2\pi} \cdot \frac{K_T}{K_Q}$$

$$= 0.5 \quad \rightarrow \text{berdasarkan pengalaman}$$

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-\omega}$$

$$= 1.1276$$

$$\eta_R = 0.98 \quad (\text{PNA vol 2 hal 163})$$

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_D}$$

$$= 0.553$$

$$P_E = R_T \cdot V_s$$

$$= 420.957$$

$$P_D = \frac{P_E}{\eta_H \eta_o \eta_r}$$

$$= 761.851$$

#### Perhitungan PB kondisi service continous rate

$$\eta_B \eta_S = 0.98 \quad \rightarrow \text{Parametric Design Hlm. 31} \quad \text{Letak Mesin : After Peak}$$

$$\eta_t = 0.975 \quad \rightarrow \text{Parametric Design Hlm. 33}$$

$$P_{B \text{ scr}} = \frac{P_E}{\eta_H \eta_o \eta_r \eta_s \eta_b \eta_t}$$

$$= 797.332$$

**Perhitungan PB kondisi maximum continous rate**

PB scr =	85% PB mcr
PB mcr =	938.037 kW
sea margin=	15%
PB mcr tot =	1078.743 kW
PB mcr tot =	1446.616 HP
25% PB mcr tot =	269.686 kW

Main Engine  
Generator

**Pemilihan Mesin Induk**

Tipe =	Wartsila 6L20DF
Daya =	1110 KW
	1510 HP
RPM =	1200 RPM
L =	3383 mm
W =	1690 mm
H =	2391 mm
Dry mass =	9.5 t
Fuel Oil Consumption	
#Gas mode:	
Fuel Gas (FG) Cons =	9090 kJ/kWh
	0.00017477 ton/kWh
Fuel oil (FO) Cons. =	5.6 g/kWh
#Diesel mode:	
Fuel oil (FO) Cons. =	197.5 g/kWh
Lubrication Oil Cons. =	0.4 g/kWh

**Pemilihan Genset**

Tipe =	Wartsila Aucpax 16 455W5L16
Daya =	455.00 kW
RPM =	1000 rpm
L =	4530 mm
W =	1294 mm
H =	2216 mm
Dry mass =	9.8 ton
Fuel =	203.8 g/kWh
Lub =	0.6 g/kWh

## PEMILIHAN MAIN ENGINE

BHP Total MCR	1078.74	KW
	1446.62	HP

Type of engine	Wartsila 6L20DF	
Engine output	1110	KW
	1510	HP
Engine speed (revolution)	1200	RPM
L	3383	mm
W	1690	mm
H	2391	mm
Dry mass	9.5	ton
Fuel Oil Consumption		
#Gas mode:		
Fuel Gas (FG) Cons	9090	kJ/kWh
	0.00017477	ton/kWh
Fuel oil (FO) Cons.	5.6	g/kWh
#Diesel mode:		
Fuel oil (FO) Cons.	197.5	g/kWh
Lubrication Oil Cons.	0.4	g/kWh

Engine type	Main Engines		Generating sets			
	1200 rpm		1000 rpm		1200 rpm	
	kW	BHP	Engine [kW]	Generator [kVA]	Engine [kW]	Generator [kVA]
Wärtsilä 6L20DF	1056	1440	876	1050	1056	1270
	1110	1510	960	1150	1110	1330
Wärtsilä 8L20DF	1408	1920	1168	1400	1408	1690
	1480	2010	1280	1540	1480	1780
Wärtsilä 9L20DF	1584	2150	1314	1580	1584	1900
	1665	2260	1440	1730	1665	2000

### Konversi KJ/Kwh ke ton/Kwh

You are currently converting energy units from kilojoule to million tonnes liquefied natural gas  
 9090 kJ = 1.7477429062163 · 10<sup>-10</sup> Mt LNG

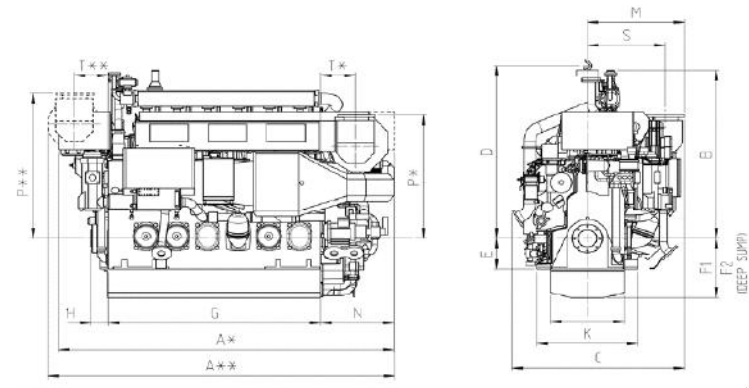
kilojoule ⇄ million tonnes liquefied natural gas  
 kJ ⇄  Mt LNG

sumber: <https://www.unitjuggler.com/convert-energy-from-kj-to-Btu.html>

Engine type	A*	A**	B	C*	C**	D	E	F1	F2	G	H
W 6L20DF	3218	3383	1767	1690	1690	1800	325	624	824	2080	155
W 8L20DF	3888	4099	1767	1824	1860	1800	325	624	824	2680	155
W 9L20DF	4200	4401	1767	1824	1845	1800	325	624	824	2980	155

Engine type	I	K	M*	M**	N*	N**	P*	P**	S*	S**	T*	T**
W 6L20DF	718	980	950	951	653	717	1297	1528	781	763	336	266
W 8L20DF	718	980	1084	1127	723	717	1390	1614	863	907	339	329
W 9L20DF	718	980	1084	1127	723	717	1390	1614	863	907	339	329

Engine type	Wet Sump*	Deep Sump*	Wet Sump**	Deep Sump*
W 6L20DF	9.3	9.5	9.5	9.7
W 8L20DF	11.6	11.8	-	-
W 9L20DF	12.6	12.8	13.1	13.4

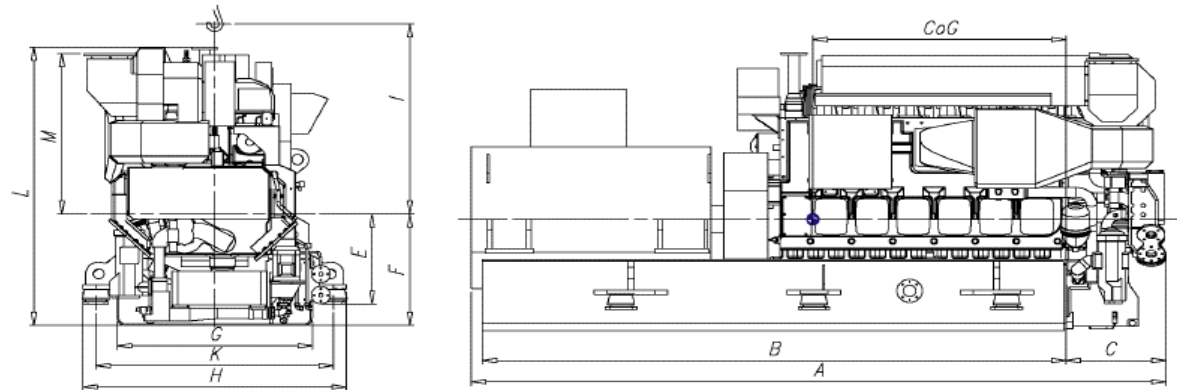


## PEMILIHAN AUXILLIARY ENGINE

Daya Genset	25% Engine	
	277.50	KW

Type of engine	Wartsila Aucpax 16 455W5L16	
Engine output	455	KW
Engine speed (revolution)	1000	RPM
L	4530	mm
W	1294	mm
H	2216	mm
Dry mass	9.8	ton
Fuel Oil Consumption	203.8	g/kWh
Lubrication Oil cons	0.6	g/kWh

1000 rpm / 50 Hz				1200 rpm / 60 Hz			
Type	Output [kWe]	Voltage [V]	Generator	Type	Output [kWe]	Voltage [V]	Generator
455W5L16	455	400	Leroy Somer	525W5L16	525	450	Leroy Somer
545W6L16	545	400	Leroy Somer	630W6L16	660	450	Leroy Somer
635W7L16	635	400	Leroy Somer	735W7L16	735	450	Leroy Somer



**Table 1-4 Wärtsilä Auxpac 16, 1000 rpm / 50Hz**

Type	A	B	C	E	F	G	H	I	K	L	M	CoG	Weight Wet	Weight Dry
455W5L16	4530	3700	535	692	745	804	1294	1471	1114	1955	1188		10.3	9.8
545W6L16	4787	3953	535	692	745	804	1294	1471	1114	1955	1188	1558	11.3	10.8
635W7L16	5050	4220	535	692	745	804	1294	1471	1114	1955	1188		12.3	11.8

## Perhitungan Berat Permesinan

Input Data :			
D =	2.479	m	P <sub>D</sub> = 761.85 kW
n =	110		P <sub>B</sub> = 797.33 kW
Z =	4	buah	
AE/AO = 0.40			

### Perhitungan :

Main Engine	
W <sub>E</sub> =	9.5 ton

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.175-176

Propulsion Unit	
• Gear Box	
W <sub>Gear</sub> =	$(0.3 \sim 0.4) \cdot \frac{P_B}{n}$
	= 2.899 ton

• Poros	
Panjang poros (l) =	7.000 meter
M <sub>s</sub> /l =	$0.081 \left( \frac{P_B}{n} \right)^{\frac{2}{3}}$
	= 0.303
	Berat Poros / Panjang Poros
M <sub>s</sub> = M <sub>s</sub> /l . l	Berat Poros
	= 2.124 ton

• Propeller	
d <sub>s</sub> =	$11.5 \left( \frac{P_D}{n} \right)^{\frac{1}{3}}$
	= 21.921 cm
K ≈	$\left( \left( \frac{d_s}{D} \right) \left( 1.85 \frac{A_E}{A_p} \right) - (Z - 2) \right) / 100$
	= 0.045
W <sub>Prop</sub> = D <sup>3</sup> . K	
	= 0.692 ton

• Total	
W <sub>T.Prop</sub> =	W <sub>Gear</sub> + M <sub>s</sub> + W <sub>Prop</sub>
	= 5.715 ton

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.176

Electrical Unit	
•	
W <sub>Agg</sub> =	0,001 . Pgen (15 + 0,014.Pgen)
	= 9.72335 ton/unit
	= 19.447 ton (diasumsikan generator 2 unit)

Other Weight	
•	
W <sub>ow</sub> =	(0,055)Pgen (0.04 - 0.07)
	= 25.025 ton



- Total Machinery Weight = 59.687 ton

#### **Titik Berat Machinery Plant**

- $h_{db \text{ estimasi}} = 350 + 45 \cdot B$  (BKI rules for hull volume II, Section 8 )  
 $h_{db \text{ estimasi}} = B/15$  (MARPOL Annex 1)  
 $h_{db \text{ estimasi}} = 1.07 \text{ m}$   
 $h_{db \text{ diambil}} = 1.100 \text{ m}$
- $KG_m = h_{db} + 0.35(D' - h_{db})$   
 $D' = 5.13 \text{ m}$   
 $KG_m = 2.510 \text{ m}$
- $ICG_m = L_{ch} + L_{cf} + L_{rm} + L_{km}/2$  (dari FP)  
 $L_{cb} = 4.200$   
 $LCG_m = -22.931 \text{ m, dari Midship}$   
 $LCG_m = 56.062903 \text{ m, dari FP}$   
 $LCG_m = 10.2 \text{ m, dari AP}$

## Perhitungan Berat Baja Kapal

No	Type kapal	CSO
1	Bulk carriers	0.07
2	Cargo ship (1 deck)	0.07
3	Cargo ship (2 decks)	0.076
4	Cargo ship (3 decks)	0.082
5	Passenger ship	0.058
6	Product carriers	0.0664
7	Reefers	0.0609
8	Rescue vessel	0.0232
9	Support vessels	0.0974
10	Tanker	0.0752
11	Train ferries	0.65
12	Tugs	0.0892
13	VLCC	0.0645

Dikarenakan kapal SPOB memiliki fungsi yang sama seperti tanker, maka yang digunakan adalah kapal tanker

### Input Data :

$$L_o = 66.26 \text{ m}$$

$$H_o = 5.13 \text{ m}$$

$$B_o = 16.02 \text{ m}$$

$$T_o = 3.81 \text{ m}$$

$$Fn = 0.198$$

### Perhitungan :

#### Volume Superstructure

##### • Volume Forecastle

$$\begin{aligned} \text{panjang } (L_f) &= 10\% \cdot L \\ \text{panjang } (L_f) &= 6.63 \text{ m} \\ \text{panjang } (L_f) \text{ diambil} &= 8.40 \text{ m} \\ &= 14.00 \text{ Jarak gading} \\ \text{lebar } (B_f) &= \text{selebar kapal} \\ &= 16.02 \text{ m} \\ \text{tinggi } (h_f) &= 1.05 + 0.01 \cdot L \\ &= 1.71 \text{ m} \\ \text{tinggi } (h_f) \text{ diambil} &= 2.65 \text{ m} \\ V_{\text{Forecastle}} &= 0,5 \cdot L_f \cdot B_f \cdot h_f \\ &= 178.334 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

##### • Volume Poop

$$\begin{aligned} \text{panjang } (L_p) &= 20\% \cdot L \\ \text{panjang } (L_p) &= 13.25 \text{ m} \\ \text{panjang } (L_p) \text{ diambil} &= 16.800 \text{ m} \\ &= 28.00 \text{ Jarak gading} \end{aligned}$$

lebar ( $B_p$ ) = selebar kapal  
= 16.02 m

tinggi ( $h_p$ ) = asumsi 2,4 m  
= 2.4 m

$$V_{\text{Poop}} = L_p \cdot B_p \cdot h_p \\ = 646.041 \text{ m}^3$$

#### • Volume Total

$$V_A = V_{\text{Forecastle}} + V_{\text{Poop}} \\ = 824.375 \text{ m}^3$$

### Volume Deckhouse

#### • Volume Deck B

panjang ( $L_{D2}$ ) = 15%.L

panjang ( $L_{D2}$ ) = 9.94 m

panjang ( $L_{D2}$ ) diambil = 12.00 m

= 20.00 Jarak gading

lebar ( $B_{D2}$ ) = 12.00 m

tinggi ( $h_{D2}$ ) = asumsi 2,4 m

tinggi ( $h_{D2}$ ) diambil = 2.4

$$V_{\text{DH-layer II}} = L_{D2} \cdot B_{D2} \cdot h_{D2} \\ = 345.60 \text{ m}^3$$

#### • Volume Deck C

panjang ( $L_{D3}$ ) = 10%.L

panjang ( $L_{D3}$ ) = 6.63 m

panjang ( $L_{D3}$ ) diambil = 8.40 m

= 14.00 Jarak gading

lebar ( $B_{D3}$ ) = 8.40 m

tinggi ( $h_{D3}$ ) = asumsi 2,4 m

= 2.4 m

$$V_{\text{DH-layer III}} = L_{D3} \cdot B_{D3} \cdot h_{D3} \\ = 169.344 \text{ m}^3$$

#### • Volume Deck D

panjang ( $L_{D4}$ ) = 7,5%.L

panjang ( $L_{D4}$ ) = 4.97 m

panjang ( $L_{D4}$ ) diambil = 6.60 m

lebar ( $B_{D4}$ ) = 8.40

lebar ( $B_{D4}$ ) = 8.40 m

tinggi ( $h_{D4}$ ) = 2.4 m

$$V_{\text{DH-layer IV}} = L_{D4} \cdot B_{D4} \cdot h_{D4} \\ = 133.056 \text{ m}^3$$

#### • Volume wheel house / Top Deck

panjang ( $L_{WH}$ ) = 5%.L

panjang ( $L_{WH}$ ) = 3.31 m

panjang ( $L_{WH}$ ) diambil = 4.80 m

$$\begin{aligned} \text{lebar } (B_{WH}) &= 6.40 \text{ m} \\ \text{tinggi } (h_{WH}) &= 2.4 \text{ m} \\ V_{DH \cdot \text{wheel house}} &= L_{WH} \cdot B_{WH} \cdot h_{WH} \\ &= 73.728 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

• **Volume Total**

$$\begin{aligned} V_{DH} &= V_{DH \cdot \text{layer II}} + V_{DH \cdot \text{layer III}} + V_{DH \cdot \text{layer IV}} + V_{DH \cdot \text{wheel house}} \\ &= 721.73 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

**Berat Baja**

$$\begin{aligned} D_A &= \text{tinggi kapal setelah koreksi dgn supersructure\&deckhouse} \\ &= H + (VA + VDH) / (L \cdot B) \\ &= 6.58 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_{SO} &= \text{Tanker} \\ &= 0.0752 \text{ t/m}^3 \end{aligned}$$

$$\Delta_{\text{kapal}} = 3884.12 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} U &= \log \left( \frac{\Delta}{100} \right) \\ &= 1.589 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} C_S &= C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5U + 0.1U^{2.45})} \\ &= 0.112 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{ST} &= L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S \\ &= 784.241 \text{ ton} \end{aligned}$$

## Center Gravity of Steel

Input Data :		Koefisien titik berat	
		Type kapal	CKG
L <sub>pp</sub> =	66.26 m	Passanger ship	0.67 – 0.72
B =	16.02 m	Large cargo ship	0.58 – 0.64
H =	5.13 m	Small cargo ship	0.60 – 0.80
A <sub>v</sub> = Superstructure =	824.375 m <sup>3</sup>	Bulk carrier	0.55 – 0.58
D <sub>H</sub> = Deckhouse =	721.728 m <sup>3</sup>	Tankers	0.52 – 0.54
LCB (%) =	3.960 %		

### Perhitungan :

**KG**

C<sub>KG</sub> = 0.53 → koefisien titik berat

$$KG = C_{KG} \cdot D_A = C_{KG} \cdot D + \frac{\nabla_A + \nabla_{DH}}{L_{PP} \cdot B}$$

$$= 3.489 \text{ m}$$

### LCG dari midship

dalam %L = -0.15 + LCB

$$= 3.810 \%L$$

dalam m = LCG(%)\*L

$$= 2.52462 \text{ m}$$

### LCG dari AP

$$LCG_{AP} = 0.5 * L + LCG \text{ dr midship}$$

$$= 35.656 \text{ m}$$

## Equipment and Outfitting Calculation

[ Referensi : Ship Design Efficiency and Economy , 1998 ] page 172-173

### Input Data :

L = 66.26 m  
B = 16.02 m  
D = 5.13 m

### Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship : 160 – 170 kg/m<sup>2</sup>  
For large cargo ships, large tanker, etc : 180 – 200 kg/m<sup>2</sup>  
Therefore, for this desain, it is used 160 kg/m<sup>2</sup>

#### • POOP

L<sub>poop</sub> = 16.80 m  
B<sub>poop</sub> = 16.023 m  
A<sub>poop</sub> = 269.184 m<sup>2</sup>  
W<sub>poop</sub> = 43.069 ton

#### • FORECASTLE

L<sub>forecastle</sub> = 8.4 m  
B<sub>forecastle</sub> = 16.02 m  
A<sub>forecastle</sub> = 134.592 m<sup>2</sup>  
W<sub>forecastle</sub> = 21.535 ton  
LCG<sub>forecastle</sub> = 63.463 m

#### • DECKHOUSE

##### Layer II

L<sub>DH II</sub> = 12.00 m  
B<sub>DH II</sub> = 12.00 m  
A<sub>DH II</sub> = 144.000 m<sup>2</sup>  
W<sub>DH II</sub> = 23.040 ton

##### Layer III

L<sub>DH III</sub> = 8.40 m  
B<sub>DH III</sub> = 8.40 m  
A<sub>DH III</sub> = 70.560 m<sup>2</sup>  
W<sub>DH III</sub> = 11.290 ton

##### Layer IV

L<sub>DH IV</sub> = 6.60 m  
B<sub>DH IV</sub> = 8.40 m  
A<sub>DH IV</sub> = 55.44 m<sup>2</sup>  
W<sub>DH IV</sub> = 8.870 ton

##### Wheel House

L<sub>WH</sub> = 4.80 m  
B<sub>WH</sub> = 6.40 m  
A<sub>WH</sub> = 30.720 m<sup>2</sup>  
W<sub>WH</sub> = 4.915 ton

W<sub>Group III</sub> = 112.719 ton

### Grup IV (Miscellaneous)

C = (0.18 ton / m<sup>2</sup> < C < 0.26 ton / m<sup>2</sup>)  
= 0.25 [ton/m<sup>2</sup>]

W<sub>Group IV</sub> = (L\*B\*D)<sup>2/3</sup> \* C  
= 77.364 [ton]

Equipment and Outfitting Total Weight

= 190.083 [ton]

### Outfit Weight Center Estimation

D<sub>A</sub> = 6.584  
KG<sub>E&O</sub> = 1.02-1.08D<sub>A</sub>  
= 6.913 m

**1. LCG<sub>1</sub> (25% W<sub>E&O</sub> at LCG<sub>M</sub>)**

25% W<sub>E&O</sub> = 47.521

Lcb = 4.200

LCG<sub>M</sub> dr AP = 10.200

LCG<sub>M</sub> dari midship = -22.931

Lkm = 12.000

**Layer II**

L<sub>DH II</sub> = 12.000

W<sub>DH II</sub> = 23.040

LCG<sub>II</sub> = 11.230

**Layer III**

L<sub>DH III</sub> = 8.400

W<sub>DH III</sub> = 11.290

LCG<sub>III</sub> = 12.000

**Layer IV**

L<sub>DH IV</sub> = 6.600

W<sub>DH IV</sub> = 8.870

LCG<sub>IV</sub> = 12.900

**Wheelhouse**

L<sub>WH</sub> = 4.800

W<sub>WH</sub> = 4.915

LCG<sub>WH</sub> = 13.800

**2. LCG<sub>2</sub> (37,5% W<sub>E&O</sub> at LCG<sub>DH</sub>)**

37.5% W<sub>E&O</sub> = 71.281

LCG<sub>dh</sub> = 11.981

**3. LCG<sub>3</sub> (37,5% W<sub>E&O</sub> at midship)**

37.5% W<sub>E&O</sub> = 71.281

midship = 33.131

LCG<sub>E&O</sub> (LCG Dr AP)

= 19.47 m

LCG<sub>E&O</sub> (dari midship)

= -13.66 m

## Consumable and Crew Calculation

*Chapter 11 Parametric Design : Michael G. Parsons & Ship Design Efficiency and Economy, 1998  
Lecture of Ship Design and Ship Theory : Herald Poehls ]*

### Input Data :

L <sub>pp</sub> =	66.26	m	
B =	16.02	m	
H =	5.13	m	
T =	3.81	m	=
L <sub>wl</sub> =	68.91		
V <sub>s</sub> =	5.14	m/s	
	=	10	knots
	=	18.52	km/jam
PB =	1110.00	kW	
	1510	HP	
Jarak pelayaran =	325.95	Km	
Lama pelayaran =	35.20	jam	(1 Trip)

### Perhitungan :

#### CONSUMABLE

##### • Jumlah Crew

C <sub>st</sub> =	1.2	(Coef steward dept 1,2 - 1.33)	
C <sub>dk</sub> =	11.5	(Coef deck dept. 11,5 - 14,5)	
C <sub>eng</sub> =	8.5	(Coef engine dept 8,5 - 11,00 diesel)	
cadet =	2	(umumnya 2 orang)	
Zc =	Cst.Cdk.(L.B.H.35/10 <sup>5</sup> ) <sup>1/6</sup> + Ceng.(BHP/10 <sup>5</sup> ) <sup>1/3</sup> + cadet		
=	19.47	orang	dalam kapal ini ada 16 orang

##### • Crew Weight

C <sub>C&amp;E</sub> =	0.075	ton/person
W <sub>C&amp;E</sub> =	1.2	ton

##### • Fuel Gas (LNG)

SFR =	0.00017477	ton/kW.H ; dari katalog mesin	Density = 0.457 ton/m <sup>3</sup>
MCR =	1110	kW	
Margin =	0.1		
W <sub>FG</sub> =	SFR * MCR * S/V <sub>s</sub> *margin		
=	7.512	ton	
V <sub>FG</sub> =	Wfo/0.45 + (4%*Wfo/0.45)		
V <sub>FG</sub> =	17.0954	m <sup>3</sup>	

##### • Fuel Oil (MDO)

###### Gas Mode (MDO as pilot fuel)

SFR =	0.0000056	ton/kWh	
MCR =	1110	kW	
Margin =	0.1	[1+(5% ~ 10%)].WFO	
W <sub>FO</sub> =	SFR * MCR * S/V <sub>s</sub> *margin		
=	0.241	ton	
V <sub>FO</sub> =	0.281	m <sup>3</sup>	Vfo = (Wfo + 4%.Wfo)/[]
Wfo total =	8.730	ton	
Vfo total =	10.201	m <sup>3</sup>	

###### Diesel Mode (MDO as main fuel)

SFR =	197.5	g/kWh	
=	0.0001975	ton/kWh	
Margin =	0.1		
W =	8.49	ton	
Density =	0.890	ton/m <sup>3</sup>	
V =	9.92	m <sup>3</sup>	

##### • Genset Oil (MDO)

SFR =	0.0002038	ton/kWh	
MCR =	455	kW	
W <sub>DO</sub> =	3.591	ton	
V <sub>DO</sub> =	8.231	m <sup>3</sup>	Vdo = (Wdo + 2%.Wdo)/[]

**TOTAL MDO = 12.321 ton**



18.432 m<sup>3</sup>

**• Lubrication Oil (ME dan AE)**

**Main Engine**

SFR = 0.0000004 ton/kWh  
MCR = 1110 kW  
Margin = 0.1  
W<sub>LO</sub> = 0.017 ton  
V<sub>LO</sub> = 0.020 m<sup>3</sup>

**TOTAL LUBE OIL** = 0.038 ton  
= 0.044 m<sup>3</sup>

**Generator**

SFR = 0.0000006 ton/kWh  
MCR = 455 kW  
Margin = 0.1  
W<sub>LO</sub> = 0.021 ton  
V<sub>LO</sub> = 0.024 m<sup>3</sup>

**• Fresh Water**

range = 325.95 Km  
V<sub>S</sub> = 5.14 m/s  
day = 0.73 = 1.47 day untuk PP  
W<sub>FW1</sub> = 0.17 ton/(person.day) 0.007 ton/hours  
= 3.99 ton  
ρ<sub>fw</sub> = 1 ton/m<sup>3</sup>

W<sub>FW2</sub> = C<sub>w2</sub> · BHP ; Berat air tawar untuk pendingin mesin  
= 7.550 ton C<sub>w2</sub> = 0.005 ton/HP

W<sub>FWTOTAL</sub> = (W<sub>FW1</sub> + W<sub>FW2</sub>) · 3.5 ; Koef. air tawar untuk pendingin mesin  
= 40.39 ton

W<sub>FW</sub> = W<sub>FW</sub> total + 2% · W<sub>FW</sub> total

V<sub>FW</sub> = 41.197 m<sup>3</sup>

**• Provision and Store**

W<sub>PR</sub> = 0.01 ton/(person.day)  
= 0.235 ton

**Wewer&consumable** = **61.695 ton** untuk PP (Dumai-Singapura-Dumai)

**Perhitungan Titik Berat Consumable dan Crew**

L<sub>KM</sub> = 12 m  
L<sub>CB</sub> = 4.20 m  
L<sub>CH</sub> = 5.20 m  
L<sub>CF</sub> = 1.20 m  
L<sub>FO</sub> = 1.8 m

**Dimensi ruang akomodasi**

L<sub>rm</sub> = L<sub>pp</sub> - (L<sub>cb</sub> + L<sub>ch</sub> + L<sub>km</sub> + L<sub>cf</sub>) = 43.663 m (panjang ruang muat)

**• Poop**

L<sub>p</sub> = 20% · L = 16.80 m  
h<sub>p</sub> = 2.4 m  
L<sub>CH</sub> = 5.20 m

**• Layer II**

h II = 2.4 m  
L<sub>d</sub> II = 9.94 m

**• Layer III**

h III = 2.4 m  
L<sub>d</sub> III = 8.40 m

**• Layer IV**

h IV = 2.4 m  
L<sub>d</sub> IV = 6.60 m

**Berat crew per layer**

W<sub>C&E poop</sub> = 0.08 ton  
W<sub>C&E II</sub> = 0.30 ton  
W<sub>C&E III</sub> = 0.00 ton  
W<sub>C&E IV</sub> = 0.15 ton  
W<sub>CEtotal</sub> = 0.5 ton

W<sub>C&E /layer</sub> = Jumlah kru per layer \* berat rata-rata kru

**Titik berat crew**

**• KG**

KG p = 6.327 m  
KG II = 8.727 m  
KG III = 11.127 m  
KG IV = 13.527 m

**• LCG**

LCG p = 7.800 m  
LCG II = 11.230 m  
LCG III = 12.000 m  
LCG IV = 12.900 m

**• Titik berat**

KG = 9.756 m  
LCG = 11.217 m

**Titik berat air tawar**

• Dimensi tangki

$T_{FW} = H - T = 1.314$  m  
 $B_{FW} = 85\% B = 13.619$  m  
 $V_{FW} = W_{FW} + 2\% W_{FW} = 41.20$  m<sup>3</sup>  
 $P_{FW} = V_{FW} / (t_{FW} * I_{TW}) = 2.302$  m

• Titik berat

$KG_{FW} = T + 0.5t_{FW} = 4.470$  m  
 $LCG_{FW} = 1.151$  m

**Titik berat Lubrication Oil**

• Dimensi tangki

$T_{LO} = 0.800$  m  
 $B_{LO} = 85\% B = 13.619$  m  
 $P_{LO} = 0.004$  m

• Titik berat

$KG_{LO} = H - 0.5 * T_{LO} = 4.727$  m  
 $LCG_{LO} = 3.995$  m

**Titik berat LNGPac**

• Dimensi tangki

$T_{LNG} = 1.400$  m  
 $B_{LNG} = 2.800$  m  
 $P_{LO} = 6.800$  m

• Titik berat

$KG_{LNG} = 6.327$  m  
 $LCG_{LNG} = 24.600$  m

**Titik berat MDO**

• Dimensi tangki

$T_{DO} = 0.800$  m  
 $B_{DO} = 85\% B = 13.619$  m  
 $P_{DO} = 1.692$  m

• Titik berat

$KG_{DO} = 4.727$  m  
 $LCG_{DO} = 3.148$  m

10.800

**Titik berat consumable**

KG = 4.852 m  
LCG dr AP = 4.616 m

## Total Weight and Total Centers Estimation

### 1. Light Weight Tonnes (LWT)

#### • Steel Weight

$$\begin{aligned} W_{ST} &= 784.241 \text{ ton} \\ KG &= 3.489 \text{ m} \\ LCG \text{ dr AP} &= 35.656 \text{ m} \end{aligned}$$

#### • Equipment & Outfitting Weight

$$\begin{aligned} W_{E\&O} &= 190.083 \text{ ton} \\ KG_{E\&O} &= 6.913 \text{ m} \\ LCG \text{ dr AP} &= 19.467 \text{ m} \end{aligned}$$

#### • Machinery Weight

$$\begin{aligned} W_M &= 59.687 \text{ ton} \\ KG &= 2.510 \text{ m} \\ LCG \text{ dr AP} &= 10.200 \text{ m} \\ \text{total LWT} &= 1034.012 \text{ ton} \end{aligned}$$

### 2. Dead Weight Tonnes (DWT)

#### • Consumable Weight

$$\begin{aligned} W_{\text{consum}} &= 61.695 \text{ ton} \\ KG &= 4.852 \text{ m} \\ LCG \text{ dr AP} &= 4.616 \text{ m} \end{aligned}$$

#### • Payload

$$\begin{aligned} W_{\text{payload}} &= 2400 \text{ ton} \\ KG &= (H - H_{db}) \cdot 0,5 + H_{db} \\ &= 3.114 \text{ m} \\ LCG \text{ dr AP} &= 38.031 \text{ m} \\ \text{total DWT} &= 2461.695 \text{ ton} \end{aligned}$$

### Total Weight

$$\text{Total weight} = \text{LWT} + \text{DWT} = 3495.706 \text{ ton}$$

#### Cek Displasemnt :

$$\begin{aligned} \text{Diplacement} &= 3884.12 \text{ ton} \\ \text{Selisih} &= 388.412 \text{ ton} \\ \text{Persentase} &= 10.00\% \\ \text{Displecement muatan dan Diplacement kapal} &< 10\% \\ \text{Kondisi} &= \text{Diterima} \end{aligned}$$

$$\text{KG Total} = \frac{W_{ST} \cdot KG_{ST} + W_{E\&O} \cdot KG_{E\&O} + W_M \cdot KG_M + W_{\text{cons}} \cdot KG_{\text{cons}} + W_{\text{payload}} \cdot KG_{\text{payload}}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{\text{cons}} + W_{\text{payload}}}$$

$$\text{LCG Total (dr AP)} = \frac{3.425 \text{ m} \cdot W_{ST} + LCG_{ST} \cdot W_{E\&O} + LCG_{E\&O} \cdot W_M + LCG_M \cdot W_{\text{cons}} + LCG_{\text{cons}} \cdot W_{\text{payload}} + LCG_{\text{payload}} \cdot W_{\text{payload}}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{\text{cons}} + W_{\text{payload}}}$$

$$35.424 \text{ m}$$

## Perhitungan Volume Ruang Muat

### Input Data :

Lpp =	66.26 m
Lwl =	68.91 m
B =	16.02 m
H =	5.13 m
T =	3.81 m
Cb =	0.900
DWT =	2640 ton

### Perhitungan Chamber

Camber (C) =	0.32046
Cmean = 2/3*C =	0.214
Cb deck =	0.910
C3 =	0.637237481
L =	43.663
Vc = L * B * Hcamber * C3	
Vc =	142.864

### • Perhitungan Cb Deck (Cbd)

Section =	U section
c =	0.3
Cb Deck =	$Cb + c(D/T - 1) \cdot (1 - Cb)$
=	0.910

### 1. Panjang ruang muat seluruhnya

Lcb (AP - sekat) =	0.04 - 0.07 Lpp	(asumsi awal)
Lcb =	3.313 m	
Lcb diambil	4.200 m	
Lkm =	0.12 - 0.15 Lpp	(asumsi awal)
Lkm =	9.939 m	
Lkm diambil	12 m	
Lch =	Min. 0.05Lc atau 10m ; diambil terkecil	
	Max. 0.08Lc atau 0.05Lc+3m ; diambil terbesar	
Lch min =	3.31	
Lch max =	6.31	
Lch =	3.976 m	
Lch diambil =	5.2 m	
Lcf =	minimal 600 mm	
	1.2 m	
Lruang muat =	Lpp - lcb - lkm - lch - lcf	
=	43.7 m	

## 2. Lebar ruang muat

Lebar double hull =	0.632 m
Ldh minimum =	1 m
Ldh =	1 m
Lrm =	L - 2*Ldh
Lebar ruang muat =	14.02 m

$$w = 0.5 + \frac{DW}{20,000} \text{ (m) or}$$

w = 2,0 m, whichever is the lesser.

The minimum value of w = 1.0 m.

## 3. Tinggi ruang muat

hdb =	350+45*B
=	1.071 m
hdb =	B/15
=	1.068 m
hmin =	1 m
maka hdb =	1.100 m
hrm =	H - hdb
=	4.03 m

## Volume ruang muat

$$\begin{aligned} \text{Vrm total} &= L \times B \times H \text{ (ruang muat)} + Vc \\ &= 2608.696 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

## Perhitungan Sisa Cargo Capacity

payload =	2400 ton
massa jenis muatan =	0.92 ton/m <sup>3</sup>
V =	payload/massa jenis muatan
=	2608.696
Sisa ruang muat =	0.000 m <sup>3</sup>
=	0.000%
kondisi =	<b>Accepted</b>

## Tonnage Measurement

### Input Data :

H =	5.13	m
T =	3.81	m
V <sub>poop</sub> =	646.041	m <sup>3</sup>
V <sub>forecastle</sub> =	178.334	m <sup>3</sup>
V <sub>deckhouse</sub> =	721.728	m <sup>3</sup>
Z <sub>C</sub> =	16.000	orang
		(Asumsi penumpang dalam kabin 2 orang (tidak boleh lebih dari 8 penumpang))
N <sub>1</sub> =	2	
N <sub>2</sub> =	14	(jumlah penumpang yang lain)
∇ =	3789.383	m <sup>3</sup>
Δ =	3884.118	ton

### Perhitungan :

#### Gross Tonnage

$$\begin{aligned}V_U &= \text{Volume dibawah geladak cuaca} \\ &= 5198.42 \quad \text{m}^3 \quad ; \text{Maxsurf} \\ V_H &= \text{Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca} \\ &= 1546.10 \quad \text{m}^3 \\ V &= 6744.52 \quad \text{m}^3 \\ K_1 &= 0.2 + 0.02 * \text{Log}_{10}(V) \\ &= 0.28 \\ \text{GT} &= \mathbf{1865.39}\end{aligned}$$

#### Net Tonnage

$$\begin{aligned}V_C &= 2608.696 \quad \text{m}^3 \\ K_2 &= 0.2 + 0.02 * \text{Log}_{10}(V_C) \\ &= 0.268 \\ K_3 &= 1.25 * [(GT + 10000) / 10000] = \\ &= 1.483 \\ a &= K_2 * V_C * (4d/3D)^2 \\ &= 688.263 \\ a \geq 0.25GT &= \mathbf{yes} \quad 0.25 \text{ GT} = 466.348 \\ NT &= a + K_3 * (N_1 + N_2 / 10) \\ &= 693.306 \\ NT \geq 0.30GT &= \mathbf{yes} \quad 0.30 \text{ GT} = 559.618\end{aligned}$$

## Freeboard Calculation

*International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988*

### Input Data :

L = 66.26 m	l <sub>poop</sub> = 16.80 m
LWL = 68.91 m	T = 3.81
B = 16.02 m	l <sub>FC</sub> = 8.40 m
D = 5.13 m	S = l <sub>poop</sub> + l <sub>FC</sub>
d <sub>1</sub> = 85% Moulded Depth	= 25.20 m
= 4.36 m	
C <sub>B</sub> = 0.900	

Tipe kapal= Type A

T

Perhitungan :

#### • Freeboard Standard

$$L = 66.26$$

[Tabel A ICLL 1966]

L (m)	Fb
66.00	653
67.00	666

$$Fb = 656.42 \text{ mm} \quad (\text{Menggunakan interpolasi})$$

#### • Koreksi

##### 1. Koreksi panjang kapal L

untuk kapal dengan panjang  $24 < L < 100$  m dan mempunyai superstructure tertutup dengan panjang mencapai 35%L

$$F_{b1} = 7.5 (100-L)(0.35 - E/L)$$

$$E = 25.20$$

$$35\% L = 23.192$$

Karena  $E < 35\% L$ , maka tidak ada koreksi

$$F_{b1} = 0 \text{ mm}$$

##### 2. Koreksi C<sub>b</sub>

untuk  $CB > 0.68$

$$Fb2 = Fb * (CB + 0.68) / 1.36$$

$$\text{faktor pengali} = 1.162$$

$$Fb2 = 762.60 \text{ mm}$$

##### 3. Koreksi Depth (D)

Untuk kapal dengan harga  $D < L/15$  maka tidak ada koreksi ; Jika  $D > L/15$  maka dikoreksi sebagai berikut :

$$L/15 = 4.4175 \qquad D > L/15$$

$$Fb_3 = R(D - L/15) \text{ [mm]}$$

$$R = 138.048 \quad (\text{R}=250 ; \text{untuk } L > 120\text{m})$$

$$(D - L/15)R = 97.98 \text{ m} \quad (\text{R}=L/0.48 ; \text{untuk } L < 120\text{m})$$

$$Fb_3 = 860.59 \text{ mm} \qquad \text{Jika } D < L/15 \text{ tidak ada koreksi}$$

#### 3. Koreksi Bangunan Atas (Super Structure)

##### Forecastle

$$h_{FC} = 2.65 \text{ m}$$

$$l_{FC} = 8.40 \text{ m}$$

##### Poop

$$h_{poop} = 2.4 \text{ m}$$

$$l_{poop} = 16.80 \text{ m} \qquad \text{m}$$

$L_1$ (m)	$\Rightarrow$	$h_{st}$ (m)	$L_1$ (m)	$\Rightarrow$	$h_{st}$ (m)
75	$\Rightarrow$	1.8	75	$\Rightarrow$	1.8 m
125	$\Rightarrow$	2.3	125	$\Rightarrow$	2.3
<i>interpolasi</i>			<i>interpolasi</i>		
66.263	$\Rightarrow$	1.712629 m	66.263	$\Rightarrow$	1.712629

$t_{FC}$	=	2.65 m	$t_{PO}$	=	2.4
karena $t_{FC} > h_{st}$ maka			karena $t_{PO} > h_{st}$ maka		
$E_{FC}$	=	$S_{FC}$	$E_{PO}$	=	$S_{PO}$
	=	8.40 m		=	16.80

**Total Panjang Efektif**

E	=	$E_{FC} + E_{PO}$
	=	25.20 m
	=	$0.380 \cdot L$

**Superstructure**

**Regulation 37**

$L_1$ (m)	$\Rightarrow$	$h_{st}$ (mm)
24	$\Rightarrow$	350
85	$\Rightarrow$	860

<i>interpolasi</i>		
66.26	$\Rightarrow$	703.346

**Regulation 37 table 37.1**

Pengurangan

$Fb_4$	=	$21\% \cdot 859,218$
$Fb_4$	=	147.70 mm

**Total Freeboard**

$Fb' = Fb_3 + (-Fb_4)$	
= 712.88	mm
$Fb' = 0.713$	m

**• Minimum Bow height**

CB kapal sampai upper deck =  $C_B$  kapal /  $L \cdot B \cdot d_1 = 0.90$

$$B_{wm} = 56L \left( 1 - \frac{L}{500} \right) \left( \frac{1.36}{C_B + 0.68} \right)$$

$$= 2770.75 \text{ mm}$$

$$= 2.771 \text{ m}$$

**• Batasan Freeboard**

**Actual Freeboard**

$Fba = H - T$	
= 1.31	m

**Kondisi ( $Fba - Fb'$ ) = Accepted** (karena  $Fba > Fb'$  maka Accepted)

**• Minimum Bow Height**

$Fba + Sf + h_{FC}$	=	3.96 m
---------------------	---	--------

**Kondisi Minimum Bow Height = Accepted** (jika nilai dari  $Fba + Sf + h_{FC} > B_{wm}$ , maka Accepted)



## PENENTUAN LOADCASE (MAXSURF STABILITY)

### Load Case 1

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>
1	Lightship	1	1034,012	1034,012		
2	CPO Tank No. 1 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
3	CPO Tank No. 1 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
4	CPO Tank No. 2 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
5	CPO Tank No. 2 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
6	CPO Tank No. 3 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
7	CPO Tank No. 3 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
8	CPO Tank No. 4 (P)	100%	290,363	290,363	315,612	315,612
9	CPO Tank No. 4 (S)	100%	290,363	290,363	315,612	315,612
10	FW Tank (P)	100%	24,936	24,936	24,936	24,936
11	FW Tank (S)	100%	24,936	24,936	24,936	24,936
12	MDO Tank (P)	100%	11,058	11,058	13,164	13,164
13	MDO Tank (S)	100%	11,058	11,058	13,164	13,164
14	LO Tank (P)	100%	2,259	2,259	2,455	2,455
15	LO Tank (S)	100%	2,259	2,259	2,455	2,455
16	LNG Tank (P)	100%	5,969	5,969	13,061	13,061
17	LNG Tank (S)	100%	5,969	5,969	13,061	13,061
18	AP Tank (S)	100%	77,546	77,546	75,655	75,655
19	AP Tank (P)	100%	77,546	77,546	75,655	75,655
20	FP Tank (S)	0%	154,904	0,000	151,126	0,000
21	FP Tank (P)	0%	154,904	0,000	151,126	0,000
22	WBT No. 4 Bottom (S)	0%	100,897	0,000	98,437	0,000
23	WBT No. 1 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
24	WBT No. 1 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
25	WBT No. 2 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
26	WBT No. 2 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
27	WBT No. 3 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
28	WBT No. 3 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
29	WBT No. 4 Bottom (P)	0%	100,897	0,000	98,437	0,000
30	WBT No. 1 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
31	WBT No. 1 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
32	WBT No. 4 Side (S)	0%	46,149	0,000	45,023	0,000
33	WBT No. 2 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
34	WBT No. 2 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
35	WBT No. 3 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
36	WBT No. 3 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
37	WBT No. 4 Side (P)	0%	46,149	0,000	45,023	0,000
38	<b>Total Loadcase</b>			<b>3508,762</b>	<b>4088,401</b>	<b>2683,775</b>
39	F S correction					
40	VCG fluid					

## Load Case 2

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>
1	Lightship	1	1034,012	1034,012		
2	CPO Tank No. 1 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
3	CPO Tank No. 1 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
4	CPO Tank No. 2 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
5	CPO Tank No. 2 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
6	CPO Tank No. 3 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
7	CPO Tank No. 3 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
8	CPO Tank No. 4 (P)	100%	290,363	290,363	315,612	315,612
9	CPO Tank No. 4 (S)	100%	290,363	290,363	315,612	315,612
10	FW Tank (P)	50%	24,936	12,468	24,936	12,468
11	FW Tank (S)	50%	24,936	12,468	24,936	12,468
12	MDO Tank (P)	50%	11,058	5,529	13,164	6,582
13	MDO Tank (S)	50%	11,058	5,529	13,164	6,582
14	LO Tank (P)	50%	2,259	1,130	2,455	1,228
15	LO Tank (S)	50%	2,259	1,130	2,455	1,228
16	LNG Tank (P)	50%	5,969	2,985	13,061	6,531
17	LNG Tank (S)	50%	5,969	2,985	13,061	6,531
18	AP Tank (P)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
19	AP Tank (S)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
20	FP Tank (P)	0%	156,136	0,000	152,328	0,000
21	FP Tank (S)	0%	156,136	0,000	152,328	0,000
22	WBT No. 1 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
23	WBT No. 1 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
24	WBT No. 2 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
25	WBT No. 2 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
26	WBT No. 3 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
27	WBT No. 3 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
28	WBT No. 4 Bottom (P)	50%	100,897	50,449	98,437	49,218
29	WBT No. 4 Bottom (S)	50%	100,897	50,449	98,437	49,218
30	WBT No. 1 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
31	WBT No. 1 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
32	WBT No. 4 Side (S)	0%	46,149	0,000	45,023	0,000
33	WBT No. 2 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
34	WBT No. 2 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
35	WBT No. 3 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
36	WBT No. 3 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
37	WBT No. 4 Side (P)	0%	46,149	0,000	45,023	0,000
38	<b>Total Loadcase</b>			<b>3565,440</b>	<b>4090,808</b>	<b>2728,598</b>
39	F S correction					
40	VCG fluid					

### Load Case 3

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>
1	Lightship	1	1034,012	1034,012		
2	CPO Tank No. 1 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
3	CPO Tank No. 1 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
4	CPO Tank No. 2 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
5	CPO Tank No. 2 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
6	CPO Tank No. 3 (P)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
7	CPO Tank No. 3 (S)	100%	275,081	275,081	299,001	299,001
8	CPO Tank No. 4 (P)	100%	290,363	290,363	315,612	315,612
9	CPO Tank No. 4 (S)	100%	290,363	290,363	315,612	315,612
10	FW Tank (P)	10%	24,936	2,494	24,936	2,494
11	FW Tank (S)	10%	24,936	2,494	24,936	2,494
12	MDO Tank (P)	10%	11,058	1,106	13,164	1,316
13	MDO Tank (S)	10%	11,058	1,106	13,164	1,316
14	LO Tank (P)	10%	2,259	0,226	2,455	0,246
15	LO Tank (S)	10%	2,259	0,226	2,455	0,246
16	LNG Tank (P)	10%	5,969	0,597	13,061	1,306
17	LNG Tank (S)	10%	5,969	0,597	13,061	1,306
18	AP Tank (P)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
19	AP Tank (S)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
20	FP Tank (P)	0%	156,136	0,000	152,328	0,000
21	FP Tank (S)	0%	156,136	0,000	152,328	0,000
22	WBT No. 1 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
23	WBT No. 1 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
24	WBT No. 2 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
25	WBT No. 2 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
26	WBT No. 3 Bottom (P)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
27	WBT No. 3 Bottom (S)	0%	95,587	0,000	93,256	0,000
28	WBT No. 4 Bottom (P)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
29	WBT No. 4 Bottom (S)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
30	WBT No. 1 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
31	WBT No. 1 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
32	WBT No. 4 Side (S)	0%	46,149	0,000	45,023	0,000
33	WBT No. 2 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
34	WBT No. 2 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
35	WBT No. 3 Side (P)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
36	WBT No. 3 Side (S)	0%	43,720	0,000	42,654	0,000
37	WBT No. 4 Side (P)	0%	46,149	0,000	45,023	0,000
38	<b>Total Loadcase</b>			<b>3630,960</b>	<b>4090,808</b>	<b>2784,141</b>
39	FS correction					
40	VCG fluid					

## Load Case 4

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>
1	Lightship	1	1034,012	1034,012		
2	CPO Tank No. 1 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
3	CPO Tank No. 1 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
4	CPO Tank No. 2 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
5	CPO Tank No. 2 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
6	CPO Tank No. 3 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
7	CPO Tank No. 3 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
8	CPO Tank No. 4 (P)	0%	290,363	0,000	315,612	0,000
9	CPO Tank No. 4 (S)	0%	290,363	0,000	315,612	0,000
10	FW Tank (P)	100%	24,936	24,936	24,936	24,936
11	FW Tank (S)	100%	24,936	24,936	24,936	24,936
12	MDO Tank (P)	100%	11,058	11,058	13,164	13,164
13	MDO Tank (S)	100%	11,058	11,058	13,164	13,164
14	LO Tank (P)	100%	2,259	2,259	2,455	2,455
15	LO Tank (S)	100%	2,259	2,259	2,455	2,455
16	LNG Tank (P)	100%	5,969	5,969	13,061	13,061
17	LNG Tank (S)	100%	5,969	5,969	13,061	13,061
18	AP Tank (P)	75%	77,548	58,161	75,656	56,742
19	AP Tank (S)	75%	77,548	58,161	75,656	56,742
20	FP Tank (P)	50%	156,136	78,068	152,328	76,164
21	FP Tank (S)	50%	156,136	78,068	152,328	76,164
22	WBT No. 1 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
23	WBT No. 1 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
24	WBT No. 2 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
25	WBT No. 2 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
26	WBT No. 3 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
27	WBT No. 3 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
28	WBT No. 4 Bottom (P)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
29	WBT No. 4 Bottom (S)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
30	WBT No. 1 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
31	WBT No. 1 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
32	WBT No. 4 Side (S)	100%	46,149	46,149	45,023	45,023
33	WBT No. 2 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
34	WBT No. 2 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
35	WBT No. 3 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
36	WBT No. 3 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
37	WBT No. 4 Side (P)	100%	46,149	46,149	45,023	45,023
38	<b>Total Loadcase</b>			<b>2524,847</b>	<b>4090,808</b>	<b>1475,420</b>
39	FS correction					
40	VCG fluid					

## Load Case 5

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>
1	Lightship	1	1034,012	1034,012		
2	CPO Tank No. 1 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
3	CPO Tank No. 1 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
4	CPO Tank No. 2 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
5	CPO Tank No. 2 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
6	CPO Tank No. 3 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
7	CPO Tank No. 3 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
8	CPO Tank No. 4 (P)	0%	290,363	0,000	315,612	0,000
9	CPO Tank No. 4 (S)	0%	290,363	0,000	315,612	0,000
10	FW Tank (P)	50%	24,936	12,468	24,936	12,468
11	FW Tank (S)	50%	24,936	12,468	24,936	12,468
12	MDO Tank (P)	50%	11,058	5,529	13,164	6,582
13	MDO Tank (S)	50%	11,058	5,529	13,164	6,582
14	LO Tank (P)	50%	2,259	1,130	2,455	1,228
15	LO Tank (S)	50%	2,259	1,130	2,455	1,228
16	LNG Tank (P)	50%	5,969	2,985	13,061	6,531
17	LNG Tank (S)	50%	5,969	2,985	13,061	6,531
18	AP Tank (P)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
19	AP Tank (S)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
20	FP Tank (P)	50%	156,136	78,068	152,328	76,164
21	FP Tank (S)	50%	156,136	78,068	152,328	76,164
22	WBT No. 1 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
23	WBT No. 1 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
24	WBT No. 2 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
25	WBT No. 2 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
26	WBT No. 3 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
27	WBT No. 3 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
28	WBT No. 4 Bottom (P)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
29	WBT No. 4 Bottom (S)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
30	WBT No. 1 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
31	WBT No. 1 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
32	WBT No. 4 Side (S)	100%	46,149	46,149	45,023	45,023
33	WBT No. 2 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
34	WBT No. 2 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
35	WBT No. 3 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
36	WBT No. 3 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
37	WBT No. 4 Side (P)	100%	46,149	46,149	45,023	45,023
38	<b>Total Loadcase</b>			<b>2519,399</b>	<b>4090,808</b>	<b>1459,631</b>
39	<b>F S correction</b>					
40	<b>VCG fluid</b>					

## Load Case 6

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>
1	Lightship	1	1034,012	1034,012		
2	CPO Tank No. 1 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
3	CPO Tank No. 1 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
4	CPO Tank No. 2 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
5	CPO Tank No. 2 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
6	CPO Tank No. 3 (P)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
7	CPO Tank No. 3 (S)	0%	275,081	0,000	299,001	0,000
8	CPO Tank No. 4 (P)	0%	290,363	0,000	315,612	0,000
9	CPO Tank No. 4 (S)	0%	290,363	0,000	315,612	0,000
10	FW Tank (P)	10%	24,936	2,494	24,936	2,494
11	FW Tank (S)	10%	24,936	2,494	24,936	2,494
12	MDO Tank (P)	10%	11,058	1,106	13,164	1,316
13	MDO Tank (S)	10%	11,058	1,106	13,164	1,316
14	LO Tank (P)	10%	2,259	0,226	2,455	0,246
15	LO Tank (S)	10%	2,259	0,226	2,455	0,246
16	LNG Tank (P)	10%	5,969	0,597	13,061	1,306
17	LNG Tank (S)	10%	5,969	0,597	13,061	1,306
18	AP Tank (P)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
19	AP Tank (S)	100%	77,548	77,548	75,656	75,656
20	FP Tank (P)	50%	156,136	78,068	152,328	76,164
21	FP Tank (S)	50%	156,136	78,068	152,328	76,164
22	WBT No. 1 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
23	WBT No. 1 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
24	WBT No. 2 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
25	WBT No. 2 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
26	WBT No. 3 Bottom (P)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
27	WBT No. 3 Bottom (S)	100%	95,587	95,587	93,256	93,256
28	WBT No. 4 Bottom (P)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
29	WBT No. 4 Bottom (S)	100%	100,897	100,897	98,437	98,437
30	WBT No. 1 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
31	WBT No. 1 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
32	WBT No. 4 Side (S)	100%	46,149	46,149	45,023	45,023
33	WBT No. 2 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
34	WBT No. 2 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
35	WBT No. 3 Side (P)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
36	WBT No. 3 Side (S)	100%	43,720	43,720	42,654	42,654
37	WBT No. 4 Side (P)	100%	46,149	46,149	45,023	45,023
38	<b>Total Loadcase</b>			<b>2484,021</b>	<b>4090,808</b>	<b>1416,738</b>
39	F S correction					
40	VCG fluid					



## HASIL PERHITUNGAN TRIM (MAXSURF STABILITY)

### Load Case 1

1	Draft Amidships m	3,485
2	Displacement t	3509
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	3,401
5	Draft at AP m	3,568
6	Draft at LCF m	3,487
7	Trim (+ve by stern) m	0,167
8	WL Length m	67,733
9	Beam max extents on WL m	16,020
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	1477,99
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1061,75
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,891
13	Block coeff. (Cb)	0,890
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1,000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,978
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	33,642
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	32,270
18	KB m	1,792
19	KG fluid m	3,479
20	BMt m	6,424
21	BML m	114,262
22	GMt corrected m	4,738
23	GML m	112,576
24	KMt m	8,217
25	KML m	116,054
26	Immersion (TPc) tonne/cm	10,883
27	MTc tonne.m	59,614
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	290,134
29	Max deck inclination deg	0,1444
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1444

### Load Case 2

1	Draft Amidships m	3,537
2	Displacement t	3565
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	3,454
5	Draft at AP m	3,620
6	Draft at LCF m	3,539
7	Trim (+ve by stern) m	0,166
8	WL Length m	67,884
9	Beam max extents on WL m	16,020
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	1486,95
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1063,78
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,890
13	Block coeff. (Cb)	0,889
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1,000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,978
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	33,622
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	32,223
18	KB m	1,820
19	KG fluid m	3,755
20	BMt m	6,331
21	BML m	113,115
22	GMt corrected m	4,395
23	GML m	111,179
24	KMt m	8,150
25	KML m	114,934
26	Immersion (TPc) tonne/cm	10,904
27	MTc tonne.m	59,825
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	273,480
29	Max deck inclination deg	0,1436
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1436

### Load Case 3

1	Draft Amidships m	3,596
2	Displacement t	3631
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	3,497
5	Draft at AP m	3,696
6	Draft at LCF m	3,599
7	Trim (+ve by stern) m	0,199
8	WL Length m	68,095
9	Beam max extents on WL m	16,020
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	1497,82
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1066,63
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,886
13	Block coeff. (Cb)	0,885
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1,000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,978
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	33,541
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	32,147
18	KB m	1,851
19	KG fluid m	3,388
20	BMt m	6,229
21	BML m	112,004
22	GMt corrected m	4,692
23	GML m	110,466
24	KMt m	8,080
25	KML m	113,854
26	Immersion (TPc) tonne/cm	10,933
27	MTc tonne.m	60,534
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	297,298
29	Max deck inclination deg	0,1719
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1719

### Load Case 4

1	Draft Amidships m	2,565
2	Displacement t	2525
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	2,488
5	Draft at AP m	2,641
6	Draft at LCF m	2,565
7	Trim (+ve by stern) m	0,153
8	WL Length m	64,987
9	Beam max extents on WL m	16,020
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	1321,35
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1023,74
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,904
13	Block coeff. (Cb)	0,903
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1,000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,983
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	34,037
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33,151
18	KB m	1,311
19	KG fluid m	2,972
20	BMt m	8,678
21	BML m	141,935
22	GMt corrected m	7,017
23	GML m	140,274
24	KMt m	9,989
25	KML m	143,246
26	Immersion (TPc) tonne/cm	10,493
27	MTc tonne.m	53,452
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	309,197
29	Max deck inclination deg	0,1326
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1326

### Load Case 5

1	Draft Amidships m	2,559
2	Displacement t	2519
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	2,464
5	Draft at AP m	2,655
6	Draft at LCF m	2,559
7	Trim (+ve by stern) m	0,191
8	WL Length m	65,009
9	Beam max extents on WL m	16,020
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	1321,01
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1024,10
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,899
13	Block coeff. (Cb)	0,897
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1,000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,983
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	33,958
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33,131
18	KB m	1,308
19	KG fluid m	2,999
20	BMT m	8,700
21	BML m	142,392
22	GMt corrected m	7,010
23	GML m	140,702
24	KMT m	10,008
25	KML m	143,700
26	Immersion (TPc) tonne/cm	10,497
27	MTc tonne.m	53,499
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	308,216
29	Max deck inclination deg	0,1651
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,1651

### Load Case 6

1	Draft Amidships m	2,525
2	Displacement t	2484
3	Heel deg	0,0
4	Draft at FP m	2,512
5	Draft at AP m	2,538
6	Draft at LCF m	2,525
7	Trim (+ve by stern) m	0,026
8	WL Length m	64,745
9	Beam max extents on WL m	16,020
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	1312,99
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1020,15
12	Prismatic coeff. (Cp)	0,922
13	Block coeff. (Cb)	0,922
14	Max Sect. area coeff. (Cm)	1,000
15	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,984
16	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	34,326
17	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	33,273
18	KB m	1,290
19	KG fluid m	2,973
20	BMT m	8,794
21	BML m	142,725
22	GMt corrected m	7,111
23	GML m	141,042
24	KMT m	10,085
25	KML m	144,015
26	Immersion (TPc) tonne/cm	10,457
27	MTc tonne.m	52,875
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	308,296
29	Max deck inclination deg	0,0226
30	Trim angle (+ve by stern) deg	0,0226



## HASIL PERHITUNGAN STABILITAS (MAXSURF STABILITY)

### Load Case 1

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	90,0	deg			
7		shall not be less than (>=)	3,1513	m.deg	34,4591	Pass	+993,49
8							
9	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90,0	deg			
16		shall not be less than (>=)	5,1566	m.deg	55,6894	Pass	+979,96
17							
18	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90,0	deg			
25		shall not be less than (>=)	1,7189	m.deg	21,2303	Pass	+1135,11
26							
27	A.749(18) C	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		spec. heel angle	90,0	deg			
32		angle of max. GZ	38,2	deg	38,2		
33		shall not be less than (>=)	0,200	m	2,159	Pass	+979,50
34		<i>Intermediate values</i>					
35		angle at which this GZ occurs		deg	38,2		
36							
37	A.749(18) C	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than (>=)	25,0	deg	38,2	Pass	+52,73
39							
40	A.749(18) C	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		shall not be less than (>=)	0,150	m	4,738	Pass	+3058,67
43							

## Load Case 2

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b>				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	86,7	deg			
7		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>3,1513</b>	<b>m.deg</b>	<b>31,6328</b>	<b>Pass</b>	<b>+903,80</b>
8							
9	A.749(18) C	<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b>				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	86,7	deg			
16		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>5,1566</b>	<b>m.deg</b>	<b>50,8993</b>	<b>Pass</b>	<b>+887,07</b>
17							
18	A.749(18) C	<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b>				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	86,7	deg			
25		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>1,7189</b>	<b>m.deg</b>	<b>19,2665</b>	<b>Pass</b>	<b>+1020,86</b>
26							
27	A.749(18) C	<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b>				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		spec. heel angle	90,0	deg			
32		angle of max. GZ	37,3	deg	37,3		
33		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,200</b>	<b>m</b>	<b>1,953</b>	<b>Pass</b>	<b>+876,50</b>
34		<i>Intermediate values</i>					
35		angle at which this GZ occurs		deg	37,3		
36							
37	A.749(18) C	<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b>				Pass	
38		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>25,0</b>	<b>deg</b>	<b>37,3</b>	<b>Pass</b>	<b>+49,09</b>
39							
40	A.749(18) C	<b>3.1.2.4: Initial GMt</b>				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,150</b>	<b>m</b>	<b>4,395</b>	<b>Pass</b>	<b>+2830,00</b>
43							

### Load Case 3

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	90,0	deg			
7		shall not be less than ( $\geq$ )	3,1513	m.deg	33,6830	Pass	+968,86
8							
9	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90,0	deg			
16		shall not be less than ( $\geq$ )	5,1566	m.deg	54,6367	Pass	+959,55
17							
18	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90,0	deg			
25		shall not be less than ( $\geq$ )	1,7189	m.deg	20,9537	Pass	+1119,02
26							
27	A.749(18) C	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		spec. heel angle	90,0	deg			
32		angle of max. GZ	39,1	deg	39,1		
33		shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	2,140	Pass	+970,00
34		<i>Intermediate values</i>					
35		angle at which this GZ occurs		deg	39,1		
36							
37	A.749(18) C	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	39,1	Pass	+56,36
39							
40	A.749(18) C	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	4,692	Pass	+3028,00
43							

## Load Case 4

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	90,0	deg			
7		shall not be less than ( $\geq$ )	3,1513	m.deg	53,1854	Pass	+1587,73
8							
9	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90,0	deg			
16		shall not be less than ( $\geq$ )	5,1566	m.deg	83,5653	Pass	+1520,55
17							
18	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90,0	deg			
25		shall not be less than ( $\geq$ )	1,7189	m.deg	30,3798	Pass	+1667,40
26							
27	A.749(18) C	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		spec. heel angle	90,0	deg			
32		angle of max. GZ	36,4	deg	36,4		
33		shall not be less than ( $\geq$ )	0,200	m	3,053	Pass	+1426,50
34		<i>Intermediate values</i>					
35		angle at which this GZ occurs		deg	36,4		
36							
37	A.749(18) C	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than ( $\geq$ )	25,0	deg	36,4	Pass	+45,46
39							
40	A.749(18) C	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		shall not be less than ( $\geq$ )	0,150	m	7,017	Pass	+4578,00
43							

## Load Case 5

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b>				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	90,0	deg			
7		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>3,1513</b>	<b>m.deg</b>	<b>53,1112</b>	Pass	+1585,38
8							
9	A.749(18) C	<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b>				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90,0	deg			
16		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>5,1566</b>	<b>m.deg</b>	<b>83,3962</b>	Pass	+1517,27
17							
18	A.749(18) C	<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b>				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90,0	deg			
25		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>1,7189</b>	<b>m.deg</b>	<b>30,2849</b>	Pass	+1661,88
26							
27	A.749(18) C	<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b>				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		spec. heel angle	90,0	deg			
32		angle of max. GZ	36,4	deg	36,4		
33		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,200</b>	<b>m</b>	<b>3,043</b>	Pass	+1421,50
34		<i>Intermediate values</i>					
35		angle at which this GZ occurs		deg	36,4		
36							
37	A.749(18) C	<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b>				Pass	
38		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>25,0</b>	<b>deg</b>	<b>36,4</b>	Pass	+45,46
39							
40	A.749(18) C	<b>3.1.2.4: Initial GMt</b>				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		<b>shall not be less than (&gt;=)</b>	<b>0,150</b>	<b>m</b>	<b>7,010</b>	Pass	+4573,33
43							

## Load Case 6

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	90,0	deg			
7		shall not be less than (>=)	3,1513	m.deg	53,7761	Pass	+1606,47
8							
9	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	90,0	deg			
16		shall not be less than (>=)	5,1566	m.deg	84,3318	Pass	+1535,41
17							
18	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	90,0	deg			
25		shall not be less than (>=)	1,7189	m.deg	30,5557	Pass	+1677,63
26							
27	A.749(18) C	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		spec. heel angle	90,0	deg			
32		angle of max. GZ	36,4	deg	36,4		
33		shall not be less than (>=)	0,200	m	3,069	Pass	+1434,50
34		<i>Intermediate values</i>					
35		angle at which this GZ occurs		deg	36,4		
36							
37	A.749(18) C	3.1.2.3: Angle of maximum GZ				Pass	
38		shall not be less than (>=)	25,0	deg	36,4	Pass	+45,46
39							
40	A.749(18) C	3.1.2.4: Initial GMt				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		shall not be less than (>=)	0,150	m	7,111	Pass	+4640,67
43							

**LAMPIRAN C**  
**HASIL PERHITUNGAN EKONOMIS**

## BUILDING COST

Material			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Konstruksi Lambung Kapal dan Deckhouse</b> <i>(Krakatau Steel per Juni 2018)</i>		
	Harga	740	USD/ton
	Berat baja keseluruhan	784.24	ton
	<b>Harga baja keseluruhan</b>	<b>\$ 580,338</b>	<b>USD</b>
2	<b>Elektroda</b> <i>(Diasumsikan 10% dari berat pelat kapal)</i> <i>Sumber: Alibaba.com</i>		
	Harga	800	USD/ton
	Berat elektroda	78.424	ton
	<b>Harga Elektroda</b>	<b>\$ 62,739</b>	<b>USD</b>
<b>Total Harga Pelat dan Elektroda Kapal</b>		<b>\$ 643,078</b>	<b>USD</b>

Equipment & Outfitting			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Peralatan Navigasi</b>		
	<b>Radar</b> <i>(www.alibaba.com)</i>	2,800	USD
	<b>Kompas</b> <i>(www.ebay.com)</i>	19.8	USD
	<b>GPS</b> <i>(www.alibaba.com)</i>	656	USD
	<b>Lampu Navigasi</b> <i>(www.alibaba.com)</i>		
	<i>-Masthead Light</i>	13.0	USD
	<i>-Anchor Light</i>	10.0	USD
	<i>-Starboard Light</i>	50	USD
	<i>-Portside Light</i>	55	USD
	<b>Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)</b> <i>(www.alibaba.com)</i>	11,790	USD
	<b>Automatic Identification System (AIS)</b> <i>(www.alibaba.com)</i>	299	USD
<b>Telescope Binocular</b> <i>(www.alibaba.com)</i>	15	USD	
<b>Total Harga Peralatan Navigasi</b>		<b>\$ 15,707.80</b>	<b>USD</b>
2	<b>Peralatan Komunikasi</b> <i>(www.alibaba.com)</i>		
	<b>Radiotelephone</b> <i>(www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	250	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 250.00</b>	<b>USD</b>
	<b>Digital Selective Calling (DSC)</b> <i>(www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	99.980	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 99.98</b>	<b>USD</b>
	<b>Navigational Telex (Navtex)</b> <i>(www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	749.71	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 749.71</b>	<b>USD</b>
	<b>EPIRB</b> <i>(www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	300	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 300.00</b>	<b>USD</b>
<b>SART</b> <i>(www.alibaba.com)</i>			
Jumlah	2	Set	
Harga per set	220	USD	
<b>Harga total</b>	<b>\$ 440.00</b>	<b>USD</b>	
<b>SSAS</b>			
Jumlah	1	Set	
Harga per set	2,781	USD	
<b>Harga total</b>	<b>\$ 2,781.00</b>	<b>USD</b>	
<b>Portable 2-Way VHF Radiotelephone</b> <i>(www.alibaba.com)</i>			
Jumlah	2	Unit	
Harga per unit	100	USD	
<b>Harga total</b>	<b>\$ 200.00</b>	<b>USD</b>	
<b>Total Harga Peralatan Komunikasi</b>		<b>\$ 4,820.69</b>	<b>USD</b>
3	<b>Free fall lifeboat</b> <i>(www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Unit
	Harga per unit	30,800	USD



	<b>Harga total</b>	<b>\$ 30,800.00</b>	<b>USD</b>
4	<i>Lifebuoy (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	16	Unit
	Harga per unit	10	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 160.00</b>	<b>USD</b>
5	<i>Liferaft (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Unit
	Harga per unit	400	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 400.00</b>	<b>USD</b>
6	<i>Life Jacket (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	16	Unit
	Harga per unit	25	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 400.00</b>	<b>USD</b>
7	<i>LNG Tank (10m<sup>3</sup>)(www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	3,000	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 6,000.00</b>	<b>USD</b>
8	<i>Railing dan Tiang Penyangga (www.metalsdepot.com)</i> <i>(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)</i>		
	Harga	35	USD/m
	Panjang railing dan tiang penyangga	416	m
	<b>Harga Railing dan Tiang Penyangga</b>	<b>\$ 14,560.00</b>	<b>USD</b>
9	<i>Jendela (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah jendela kotak	11	Unit
	Harga per unit	100	USD
	Jumlah side scuttle	27	Unit
	Harga per unit	50	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 2,450.00</b>	<b>USD</b>
10	<i>Pintu (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah watertight door	8	Unit
	Harga per unit	300	USD
	Jumlah pintu ruangan (cabin door)	41	Unit
	Harga per unit	90	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 6,090.00</b>	<b>USD</b>
11	<i>Jangkar (Anchor) (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	1,000	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 2,000.00</b>	<b>USD</b>
12	<i>Windlass (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	4,900	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 9,800.00</b>	<b>USD</b>
13	<i>Rantai (Chain cables) (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	440	m
	Harga per unit	10.0	USD/m
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 4,400.00</b>	<b>USD</b>
14	<i>Tali Tambat (Ropes) (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	160	m
	Harga per unit	2.0	USD/m
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 320.00</b>	<b>USD</b>
15	<i>Crane (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	m
	Harga per unit	5,000.0	USD/m
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 5,000.00</b>	<b>USD</b>
<b>Total Harga Equipment &amp; Outfitting</b>		<b>\$ 102,908.49</b>	<b>USD</b>

Tenaga Penggerak			
No	Item	Value	Unit
1	<i>Dual-Fuel Engine (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	150,000	USD/unit
	<b>Harga Dual-Fuel Engine</b>	<b>\$ 150,000.00</b>	<b>USD</b>
<b>Komponen Kelistrikan</b>			
	Power Control Unit	1,000	USD

2	ACOS	500	USD
	AC/DC Inverter	300	USD
	Saklar, kabel, dll	200	USD
	<b>Harga Komponen Kelistrikan</b>	<b>\$ 2,000.00</b>	<b>USD</b>
3	<b>Genset</b>		
	Jumlah Genset	2	unit
	Harga per unit	25000	USD/unit
	<b>Harga Genset</b>	<b>\$ 50,000.00</b>	<b>USD</b>
4	<b>Propeller and Shaft</b>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	20000	USD
	<b>Harga Propeller and Shaft</b>	<b>\$ 20,000.00</b>	<b>USD</b>
<b>Total Harga Tenaga Penggerak</b>		<b>\$ 222,000</b>	<b>USD</b>

<b>Biaya Pembangunan</b>			
No	Item	Value	Unit
1	Konstruksi	\$ 643,078	USD
2	Equipment & Outfitting	\$ 102,908	USD
3	Tenaga Penggerak	\$ 222,000	USD
<b>Total Harga (USD)</b>		<b>\$ 967,986</b>	<b>USD</b>
<b>Kurs Rupiah - US Dollar (per 13 Dec 2018)</b>		<b>14,491</b>	<b>Rp/USD</b>
<b>Total Harga (Rupiah)</b>		<b>Rp 14,027,086,720.01</b>	<b>Rp</b>

<b>Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah</b>			
<i>Sumber: Watson, Practical Ship Design, 1998</i>			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Keuntungan Galangan</b>		
	20% dari biaya pembangunan awal		
	Keuntungan Galangan Kapal	Rp 2,805,417,344	Rp
2	<b>Biaya Untuk Inflasi (Watson, 1998)</b>		
	2% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Inflasi	Rp 280,541,734	Rp
3	<b>Biaya Pajak Pemerintah (Watson, 1998)</b>		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Pajak Pemerintah	Rp 1,402,708,672	Rp
<b>Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi</b>		<b>Rp 4,488,667,750</b>	<b>Rp</b>

Jadi, total harga kapal adalah =

$$= \text{Biaya Pembangunan} + \text{Profit Galangan} + \text{Biaya Inflasi} + \text{Pajak Pemerintah}$$

$$= \text{Rp } 18,515,754,470$$

## Operational Cost

### Bank Mandiri



Fasilitas kredit jangka menengah dan jangka panjang, yang diberikan dalam mata uang rupiah maupun valuta asing untuk pembiayaan pengadaan barang - barang modal untuk rehabilitasi, modernisasi, perluasan ataupun pendirian proyek baru maupun *refinancing*, yang pelunasannya bersumber dari hasil usaha dengan barang-barang modal yang dibiayai.

#### Fitur

1. **Pembiayaan:** maksimal 65% dari cost of project/objek yang dibiayai dan pembiayaan sendiri minimal 35%.
2. **Jaminan Utama:** Objek/Proyek yang dibiayai
3. **Jaminan Tambahan:** Dipersyaratkan apabila menurut penilaian Bank diperlukan

#### Berdasarkan segmen bisnis

efektif % per tahun

Kredit Korporasi	Kredit Ritel	Kredit Mikro	Kredit Konsumsi	
			KPR	Non-KPR
9.95%	9.95%	17.75%	10.25%	12.00%

Pinjaman Bank		
Biaya	Nilai	Unit
<i>Building Cost</i>	Rp 18,515,754,470	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	Rp 12,035,240,406	Rp
Bunga Bank	9.95%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	Rp 1,197,506,420	Per tahun
Masa Pinjaman	5	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	Rp 3,604,554,502	Rp

Biaya Perawatan	Nilai	Unit
Diasumsikan 10% total dari <i>Building Cost</i>		
<b>Total Maintenance Cost</b>	Rp 1,851,575,447	per tahun

Asuransi	Nilai	Unit
Diasumsikan 2% dari total <i>Building Cost</i> (Watson, 1998)		
Biaya asuransi	Rp 370,315,089	per tahun

Gaji Crew	Nilai	Unit
Jumlah crew kapal	16	orang
Gaji crew kapal per bulan	Rp 4,500,000	per orang
Gaji crew kapal per tahun	Rp 54,000,000	per orang
<b>Total Gaji Crew</b>	Rp 864,000,000	

Bahan Bakar LNG	Nilai	Unit
Kebutuhan Bahan Bakar	17.1	m3/trip

Harga bahan bakar	\$	8.00	per MMBtu
Harga bahan bakar	\$	180.09	per m3
Harga bahan bakar	Rp	2,609,639	per m3
Harga bahan bakar	Rp	44,624,826	per trip
Harga bahan bakar	Rp	3,748,485,407.22	per tahun

<b>Bahan Bakar MDO</b>	<b>Nilai</b>	<b>Unit</b>
Kebutuhan Bahan Bakar	0.241	ton/trip
Harga bahan bakar	\$ 518.00	per ton
Harga bahan bakar	Rp 7,506,338	per ton
Harga bahan bakar	Rp 1,809,027.46	per trip
Harga bahan bakar	Rp 151,958,306	per tahun

<b>Lubrication Oil</b>	<b>Nilai</b>	<b>Unit</b>
Kebutuhan Minyak Pelumas	0.044	m <sup>3</sup> /trip
Harga Minyak Pelumas	\$ 1.71	per liter
Harga bahan bakar	Rp 24,779,610	per m <sup>3</sup>
Harga bahan bakar	Rp 1,090,303	per trip
Harga bahan bakar	Rp 91,585,439	per tahun

<b>Air Bersih (Fresh Water)</b>	<b>Nilai</b>	<b>Unit</b>
Kebutuhan air bersih	41.2	m3/trip
Harga air bersih	Rp 50,000	per m3
Harga air bersih	Rp 2,060,000	per trip
Harga air bersih	Rp 24,720,000	per tahun

<b>OPERATIONAL COST</b>		
<b>Biaya</b>	<b>Nilai</b>	<b>Waktu</b>
Cicilan Pinjaman Bank	Rp 3,604,554,502	per tahun
<i>Maintenance Cost</i>	Rp 1,851,575,447	per tahun
<i>Insurance Cost</i>	Rp 370,315,089	per tahun
<i>Gaji crew</i>	Rp 864,000,000	per tahun
Bahan Bakar Gas (LNG)	Rp 3,748,485,407	per tahun
Bahan Bakar <i>Diesel Oil (MDO)</i>	Rp 151,958,306	per tahun
Minyak Pelumas	Rp 91,585,439	per tahun
Air Bersih (Fresh Water)	Rp 24,720,000	per tahun
<b>TOTAL</b>	<b>Rp 10,707,194,190</b>	<b>per tahun</b>

### PROYEKSI ARUS KAS (VOYAGE CHARTER)

Pinjaman Bank	Bunga Bank	Tahun	Jumlah Angsuran	Harga Kapal	Rp 18,515,754,470
Rp 12,035,240,406	9.95%	5	Rp 2,407,048,081	Depresiasi	Rp 925,787,724

Biaya Sewa	
Rp 12,553,000,000	per tahun
Rp 149,440,476	per voyage

Tahun	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Pinjaman	Rp 12,035,240,405.77	Rp 12,035,240,405.77	Rp 9,628,192,324.61	Rp 7,221,144,243.46	Rp 4,814,096,162.31	Rp 2,407,048,081.15
Angsuran	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15
Total yang dikembalikan	Rp 12,035,240,405.77	Rp 9,628,192,324.61	Rp 7,221,144,243.46	Rp 4,814,096,162.31	Rp 2,407,048,081.15	Rp -
Bunga		Rp 1,197,506,420.37	Rp 958,005,136.30	Rp 718,503,852.22	Rp 479,002,568.15	Rp 239,501,284.07

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Pendapatan Usaha</b>						
Perencanaan Harga Sewa		Rp 12,553,000,000.00	Rp 14,435,950,000.00	Rp 16,601,342,500.00	Rp 19,091,543,875.00	Rp 21,955,275,456.25
<b>Operational Cost</b>						
Gaji Crew		Rp 864,000,000.00	Rp 950,400,000.00	Rp 1,045,440,000.00	Rp 1,149,984,000.00	Rp 1,264,982,400.00
Fresh Water		Rp 24,720,000.00	Rp 27,192,000.00	Rp 29,911,200.00	Rp 32,902,320.00	Rp 36,192,552.00
LNG		Rp 3,748,485,407.22	Rp 4,123,333,947.94	Rp 4,535,667,342.74	Rp 4,989,234,077.01	Rp 5,488,157,484.71
MDO		Rp 151,958,306.47	Rp 167,154,137.12	Rp 183,869,550.83	Rp 202,256,505.91	Rp 222,482,156.51
Minyak Pelumas		Rp 91,585,438.56	Rp 100,743,982.42	Rp 110,818,380.66	Rp 121,900,218.72	Rp 134,090,240.60
Perawatan Kapal		Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04
Asuransi Kapal		Rp 370,315,089.41	Rp 407,346,598.35	Rp 448,081,258.18	Rp 492,889,384.00	Rp 542,178,322.40
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>Total Operational Cost</b>		Rp 8,028,427,412.22	Rp 8,553,533,836.39	Rp 9,131,150,902.97	Rp 9,766,529,676.22	Rp 10,465,446,326.78
Laba Usaha		Rp 4,524,572,587.78	Rp 5,882,416,163.61	Rp 7,470,191,597.03	Rp 9,325,014,198.78	Rp 11,489,829,129.47
Bunga		Rp 1,197,506,420.37	Rp 958,005,136.30	Rp 718,503,852.22	Rp 479,002,568.15	Rp 239,501,284.07
Laba Sebelum Pajak		Rp 3,327,066,167.40	Rp 4,924,411,027.31	Rp 6,751,687,744.80	Rp 8,846,011,630.64	Rp 11,250,327,845.39
Pajak		Rp 332,706,616.74	Rp 492,441,102.73	Rp 675,168,774.48	Rp 884,601,163.06	Rp 1,125,032,784.54
<b>Laba Bersih</b>		Rp 2,994,359,550.66	Rp 4,431,969,924.58	Rp 6,076,518,970.32	Rp 7,961,410,467.57	Rp 10,125,295,060.86
FIXED COST	Rp 18,515,754,470.41					

#### PROYEKSI ARUS KAS 5 TAHUN

<b>In-Flow</b>						
Laba Bersih		Rp 2,994,359,550.66	Rp 4,431,969,924.58	Rp 6,076,518,970.32	Rp 7,961,410,467.57	Rp 10,125,295,060.86
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>NET INFLOW</b>		Rp 3,920,147,274.18	Rp 5,357,757,648.10	Rp 7,002,306,693.84	Rp 8,887,198,191.09	Rp 11,051,082,784.38
<b>Out-Flow</b>						
Investment	Rp 18,515,754,470.41					
<b>NET OUTFLOW</b>	Rp 18,515,754,470.41	Rp -				
<b>FREE CASH FLOW</b>	-Rp 18,515,754,470.41	Rp 3,920,147,274.18	Rp 5,357,757,648.10	Rp 7,002,306,693.84	Rp 8,887,198,191.09	Rp 11,051,082,784.38

$$\text{BEP (Rupiah)} = (\text{Biaya Tetap}) / 1 - (\text{Biaya Variable per Unit/ price})$$

$$\text{BEP (Unit)} = (\text{Biaya Tetap}) / (\text{Price- Biaya Variable per Unit})$$

Hasil Perhitungan BEP	
BIAYA TETAP	Rp 18,515,754,470
HARGA PER UNIT	Rp 12,553,000,000
BIAYA VARIABEL	Rp 7,102,639,689
BEP (Rupiah)	Rp 42,644,568,908
BEP (Unit)	285



**PROYEKSI ARUS KAS (TIME CHARTER)**

Pinjaman Bank	Bunga Bank	Tahun	Jumlah Angsuran
Rp 12,035,240,405.77	9.95%	5	Rp 2,407,048,081.15

Harga Kapal	Rp 18,515,754,470.41
Depresiasi	Rp 925,787,723.52

Biaya sewa	
Rp 8,800,000,000	per tahun
Rp 800,000,000	per bulan

Tahun	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Pinjaman	Rp 12,035,240,405.77	Rp 12,035,240,405.77	Rp 9,628,192,324.61	Rp 7,221,144,243.46	Rp 4,814,096,162.31	Rp 2,407,048,081.15
Angsuran		Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15	Rp 2,407,048,081.15
Total yang dikembalikan	Rp 12,035,240,405.77	Rp 9,628,192,324.61	Rp 7,221,144,243.46	Rp 4,814,096,162.31	Rp 2,407,048,081.15	Rp -
Bunga		Rp 1,197,506,420.37	Rp 958,005,136.30	Rp 718,503,852.22	Rp 479,002,568.15	Rp 239,501,284.07

	2019	2020	2021	2022	2023	2024
<b>Pendapatan Usaha</b>						
Perencanaan Harga Sewa		Rp 8,800,000,000.00	Rp 10,120,000,000.00	Rp 11,638,000,000.00	Rp 13,383,700,000.00	Rp 15,391,255,000.00
<b>Operational Cost</b>						
Gaji Crew		Rp 864,000,000.00	Rp 950,400,000.00	Rp 1,045,440,000.00	Rp 1,149,984,000.00	Rp 1,264,982,400.00
Fresh Water		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
LNG		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
MDO		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Minyak Pelumas		Rp -	Rp -	Rp -	Rp -	Rp -
Perawatan Kapal		Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04	Rp 1,851,575,447.04
Asuransi Kapal		Rp 370,315,089.41	Rp 407,346,598.35	Rp 448,081,258.18	Rp 492,889,384.00	Rp 542,178,322.40
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>Total Operational Cost</b>		Rp 4,011,678,259.97	Rp 4,135,109,768.91	Rp 4,270,884,428.75	Rp 4,420,236,554.56	Rp 4,584,523,892.96
Laba Usaha		Rp 4,788,321,740.03	Rp 5,984,890,231.09	Rp 7,367,115,571.25	Rp 8,963,463,445.44	Rp 10,806,731,107.04
Bunga		Rp 1,197,506,420.37	Rp 958,005,136.30	Rp 718,503,852.22	Rp 479,002,568.15	Rp 239,501,284.07
Laba Sebelum Pajak		Rp 3,590,815,319.66	Rp 5,026,885,094.79	Rp 6,648,611,719.03	Rp 8,484,460,877.29	Rp 10,567,229,822.96
Pajak		Rp 359,081,531.97	Rp 502,688,509.48	Rp 664,861,171.90	Rp 848,446,087.73	Rp 1,056,722,982.30
<b>Laba Bersih</b>		Rp 3,231,733,787.69	Rp 4,524,196,585.31	Rp 5,983,750,547.13	Rp 7,636,014,789.56	Rp 9,510,506,840.66
FIXED COST	Rp 18,515,754,470.41					

**PROYEKSI ARUS KAS 5 TAHUN**

<b>In-Flow</b>						
Laba Bersih		Rp 3,231,733,787.69	Rp 4,524,196,585.31	Rp 5,983,750,547.13	Rp 7,636,014,789.56	Rp 9,510,506,840.66
Depresiasi		Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52	Rp 925,787,723.52
<b>NET INFLOW</b>		Rp 4,157,521,511.21	Rp 5,449,984,308.83	Rp 6,909,538,270.65	Rp 8,561,802,513.08	Rp 10,436,294,564.19
<b>Out-Flow</b>						
Investment	Rp 18,515,754,470.41					
<b>NET OUTFLOW</b>	Rp 18,515,754,470.41	Rp -				
<b>FREE CASH FLOW</b>	-Rp 18,515,754,470.41	Rp 4,157,521,511.21	Rp 5,449,984,308.83	Rp 6,909,538,270.65	Rp 8,561,802,513.08	Rp 10,436,294,564.19

**BEP (Rupiah) = (Biaya Tetap) / 1 - (Biaya Variable per Unit/ price)**

**BEP (Unit) = (Biaya Tetap) / (Price- Biaya Variable per Unit)**

Hasil Perhitungan BEP	
BIAYA TETAP	Rp 18,515,754,470.41
HARGA PER UNIT	Rp 8,800,000,000.00
BIAYA VARIABEL	Rp 4,011,678,259.97
BEP (Rupiah)	Rp 34,028,339,820.50
BEP (Unit)	43

Hasil indikator kelayakan investasi tipe *voyage charter*:

Tahun		FCF	Kumulatif	Fraction
2019	-Rp	18,515,754,470.41	(18,515,754,470)	
2020	Rp	3,920,147,274.18	(14,595,607,196)	n/m
2021	Rp	5,357,757,648.10	(9,237,849,548)	n/m
2022	Rp	7,002,306,693.84	(2,235,542,854)	n/m
2023	Rp	8,887,198,191.09	6,651,655,337	0.3

<b>NPV</b>	Rp	830,805,593
<b>PI</b>		1.04487
<b>IRR</b>		11.75%
<b>PP</b>		3.25
<b>BEP (rupiah)</b>	Rp	42,644,568,908
<b>BEP (unit)</b>		285

Hasil indikator kelayakan investasi tipe *time charter*:

Tahun		FCF	Kumulatif	Fraction
2019	-Rp	18,515,754,470.41	(18,515,754,470)	
2020	Rp	4,157,521,511.21	(14,358,232,959)	n/m
2021	Rp	5,449,984,308.83	(8,908,248,650)	n/m
2022	Rp	6,909,538,270.65	(1,998,710,380)	n/m
2023	Rp	8,561,802,513.08	6,563,092,133	0.2

<b>NPV</b>	Rp	830,540,611
<b>PI</b>		1.04486
<b>IRR</b>		11.77%
<b>PP</b>		3.23
<b>BEP (rupiah)</b>	Rp	34,028,339,821
<b>BEP (unit)</b>		43

**LAMPIRAN D**  
**BERITA PENDUKUNG**





## GAPKI : Kapal Dalam Negeri Belum Sepenuhnya Siap Angkut CPO

February 2, 2018

JAKARTA — Pelaku usaha kelapa sawit meminta agar pihak-pihak terkait bisa segera duduk bersama guna mendiskusikan peta jalan (road map) terkait penggunaan kapal berbendera Indonesia untuk pengangkutan ekspor khususnya untuk produk CPO.



Penggunaan kapal nasional untuk ekspor itu termuat dalam Peraturan Menteri Perdagangan (Permendag) No. 82 Tahun 2017 tentang Ketentuan Penggunaan Angkutan Laut dan Asuransi Nasional untuk Ekspor dan Impor Barang Tertentu. Peraturan ini mewajibkan kegiatan ekspor minyak sawit mentah (CPO), batubara dan beras menggunakan angkutan laut yang dikuasai perusahaan lokal dan asuransi nasional.

Ketua Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (GAPKI) Joko Supriyono menilai kapal dalam negeri belum sepenuhnya siap untuk melaksanakan pengangkutan ekspor CPO baik dari segi ketersediaan dan kemampuan.

"Selama ini perusahaan pelayaran kan memang banyak didominasi oleh kapal kapal luar negeri. Kapal Indonesia sendiri kan memang enggak banyak masuk di sini [pengangkutan eskpor CPO]. Jadi, artinya dari sisi industri pelayaran sendiri pemerintah juga perlu memfasilitasi," katanya, belum lama ini.

Lebih lanjut, dia menjelaskan, berbeda dengan kapal pengangkut komoditas lain seperti batu bara yang juga diwajibkan untuk menggunakan kapal berbendera Indonesia, terdapat sejumlah persyaratan agar sebuah kapal bisa digunakan untuk mengangkut CPO.

Salah satunya adalah standard dari sisi kualitas di mana kapal harus food grade. Dia menilai, dari sisi ini , belum banyak kapal-kapal dalam negeri yang benar-benar siap.

Joko sendiri mendukung hal ini karena menurutnya penggunaan kapal dalam negeri untuk pengangkutan ekspor akan membawa nilai tambah juga keuntungan bagi Merah Putih. Begitu pula dengan para pelaku industri CPO.

Namun, dia mengingatkan agar jangan sampai aturan ini dipaksakan ketika kapalnya sendiri belum benar-benar siap.

"Kalau oke semuanya, bagus-bagus saja keuntungan, buat bangsa Indonesia kan.

Kita sih sudah ngobrol dengan teman-teman, memang sedang dibicarakan detailnya seandainya nanti ini belum siap, jadi itu sudah diomongin," katanya. (Juli E.R.Manalu)

## Kurangi Emisi, Pemerintah Imbau Kapal Pakai LNG

Annisa ayu artanti · Selasa, 22 Mar 2016 11:20 WIB

#Ing



**Metrotvnews.com, Prabumulih:** Pemerintah melalui Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) mengimbau seluruh kapal-kapal yang berlayar di Indonesia untuk menggunakan Liquefied Natural Gas (LNG). Imbauan ini mengikuti dengan peraturan yang diterapkan International Maritime Organization (IMO).

Direktur Jenderal Minyak dan Gas Bumi, Kementerian ESDM, IGN Wiratmaja Puja mengungkapkan, aturan IMO pada 2020 mewajibkan seluruh kapal-kapal yang berlayar harus mengurangi emisinya. Oleh karena itu, pemerintah mengimbau penggunaan bahan bakar yang paling tepat untuk kapal tersebut adalah jenis LNG.

"Kapal-kapal yang berlayar di lautan itu ketat sekali emisinya. Di mana ada aturan IMO kapal ketat emisinya. Maka paling cocok itu menggunakan LNG," kata Wirat, di Prabumulih, Sumatera Selatan, Selasa (22/3/2016).

Wirat menjelaskan, bila kapal-kapal masih menggunakan bahan bakar jenis Marine Fuel Oil (MFO), pasti tidak akan lolos kualifikasi kadar emisinya.

"Kalau menggunakan MFO yang banyak kapal gunakan sekarang pasti tidak lolos," ujar dia.

Untuk mendukung hal itu, pemerintah juga akan ikut andil dalam penerapan aturan IMO tersebut dengan menyiapkan stasiun LNG di beberapa daerah seperti Mini LNG Plant di Karawang dengan kapasitas 5 MMSCFD, stasiun LCNG di Cirebon dengan kapasitas 0,5 MMSCFD, stasiun LCNG di Kaligawe dengan kapasitas 0,5 MMSCFD, stasiun LCNG di Gresik dengan kapasitas 0,5 MMSCFD, dan stasiun LCNG di Banyuwangi dengan kapasitas 0,5 MMSCFD.

"Jadi kita punya *roadmap* gunakan LNG perkapalan. Jadi di setiap pelabuhan akan dibangun LNG Station," pungkas dia.

Sumber: <http://ekonomi.metrotvnews.com/energi/aNr6n9VN-kurangi-emisi-pemerintah-imbau-kapal-pakai-lng>

### BACA JUGA

- Heboh Rekaman Percakapan Menteri BUMN-Dirut PLN
- Shell Melihat akan Kekurangan Pasokan LNG di 2020
- Kelebihan LNG, Indonesia Diminta Buka Keran Ekspor
- **Brandconnect**  
Panduan Berpuasa bagi Penderita Diabetes

## Singapore aims to be LNG bunker-ready by 2020




The truck-to-ship LNG bunkering in progress at Jurong Port yesterday. The demonstration, carried out by Pavilion Gas, involved transferring LNG, typically at minus 163 deg C, from two ISO tanks alongside the port's berths to an offshore vessel. ST PHOTO: JONATHAN CHOO

 PUBLISHED MAY 3, 2017, 5:00 AM SGT



### MPA to run 3-year pilot to gain experience, beef up capabilities

Jacqueline Woo 

Singapore is gearing up to refuel the growing number of ships powered by cleaner liquefied natural gas (LNG) instead of dirty fuel oil.

The Republic aims to be ready to bunker LNG to ships in the next three years, said Senior Minister of State for Trade and Industry Koh Poh Koon yesterday as he watched a regional-first demonstration of LNG truck-to-ship bunkering.

The three-year schedule is in line with the 0.5 per cent limit on global sulphur emissions set to kick in from 2020, as announced by the International Maritime Organisation (IMO) last October. The emissions level is about 3.5 per cent today.

"As the world's largest bunkering port, Singapore remains committed to ensuring that the maritime industry has access to cleaner marine fuels," said Dr Koh, speaking at the Pavilion Energy LNG bunkering launch at Jurong Port yesterday.

"We plan to be LNG bunker-ready as early as 2020."

Dr Koh, who is also Senior Minister of State for National Development, cited efforts to push for the use of LNG here, including the Maritime and Port Authority of Singapore's (MPA) programme to co-fund up to \$2 million for LNG-fuelled harbour craft, which will see five such vessels come on stream starting in 2018.

The MPA will also embark on a three-year LNG bunkering pilot programme this year, which will "allow us to test operational protocols, gain operational experience and beef up Singapore's capabilities to ensure that LNG bunkering is carried out safely, efficiently and reliably", said Dr Koh.

At the event, an LNG bunkering demonstration was held with the super-chilled fuel supplied to a ship from a port for the first time in Singapore and South-east Asia.

Dr Koh said the trial was testament to Singapore's progress in conducting LNG bunkering operations.

He said: "The expansion of our LNG infrastructure and capabilities will further increase opportunities for LNG trading and bunkering, which are important elements for a regional gas hub."

The truck-to-ship LNG bunkering demonstration involved transferring LNG, typically at minus 163 deg C, from two ISO tanks alongside Jurong Port berths to an offshore vessel.

It was carried out by Pavilion Gas, one of the two licensed LNG bunker suppliers in Singapore. The other licence-holder is FueLNG.

Mr Seah Moon Ming, chief executive of Pavilion Energy, the Temasek-backed parent of Pavilion Gas, said this was done in line with TR 56, Singapore's first standard for LNG bunkering, launched just last Friday, giving the technical framework for running LNG bunkering operations such as transferring the fuel on and off ships, and refuelling at the Port of Singapore.

Mr Seah said bunkering is a key market for LNG growth, while the IMO's landmark ruling will boost demand for LNG in fuelling ships.

"The establishment of robust LNG bunkering ecosystem will add to Singapore's offerings as an Asian LNG hub. Not only can Singapore serve as a physical and financial hub for LNG trading, but also for small-scale LNG and LNG bunkering activities. Vessels will be able to call at the Port of Singapore not only for trade purposes but also for LNG bunkering refuelling."

Sumber : <https://www.straitstimes.com/business/companies-markets/spore-aims-to-be-lng-bunker-ready-by-2020>





## Pengusaha CPO: Kapal Nasional untuk Ekspor Jarak Dekat

NEWS - Exist In Exist, CNBC Indonesia | 16 February 2018 10:40

**Jakarta, CNBC Indonesia** – Kementerian Perdagangan mulai 1 Mei 2018 mewajibkan penggunaan kapal yang dikuasai perusahaan pelayaran nasional untuk ekspor batu bara dan minyak sawit mentah (crude palm oil/CPO). Kebijakan tersebut tercantum dalam Peraturan Menteri Perdagangan No. 82/2017.

Sekjen Gabungan Pengusaha Kelapa Sawit Indonesia (Gapki) Togar Sitanggang mengungkapkan dalam pembahasan tentang permendag tersebut disepakati pada tahap awal penggunaan kapal nasional hanya diwajibkan untuk pengiriman jarak pendek seperti ke Malaysia.

"Kalau untuk bulan Mei, kemarin itu ada sedikit kesepakatan bahwa apa yang sudah dilakukan, misalnya untuk jarak pendek seperti ekspor CPO ke Malaysia. Itu saja dulu yang dijalankan. Misalnya pakai tongkang-tongkang berbendara Indonesia. Yang sudah eksisting saja," jelasnya, Kamis (16/2/2018).

Namun demikian, lanjut dia, masih banyak hal yang harus dibicarakan lebih lanjut sebelum permendag ini berlaku, salah satunya adalah kejelasan dari status kapal yang dikuasai oleh perusahaan pelayaran nasional.

"Dikuasai itu kan banyak definisi. Penguasaan itu termasuk sewa, menyewa kapal juga bisa dikategorikan menguasai. Dalam arti charter dalam waktu tertentu," ujarnya.

Togar juga mengatakan selama ini skema penjualan ekspor CPO juga menganut skema free on board (FOB) di mana eksportir hanya menyiapkan komoditas itu di pelabuhan asal, sementara terkait pengiriman dengan kapal ditangani oleh pembeli.

"Itu aturan mainnya seperti apa? Masih banyak yang harus diomongin. Kami kan banyakan jualnya FOB bisa dibidang hampir 100% jadi ya tidak jalan itu, karena kami kan tidak punya kewajiban untuk menyewa kapal," katanya.

**LAMPIRAN E**  
**DESAIN RENCANA GARIS**

# LINES PLAN

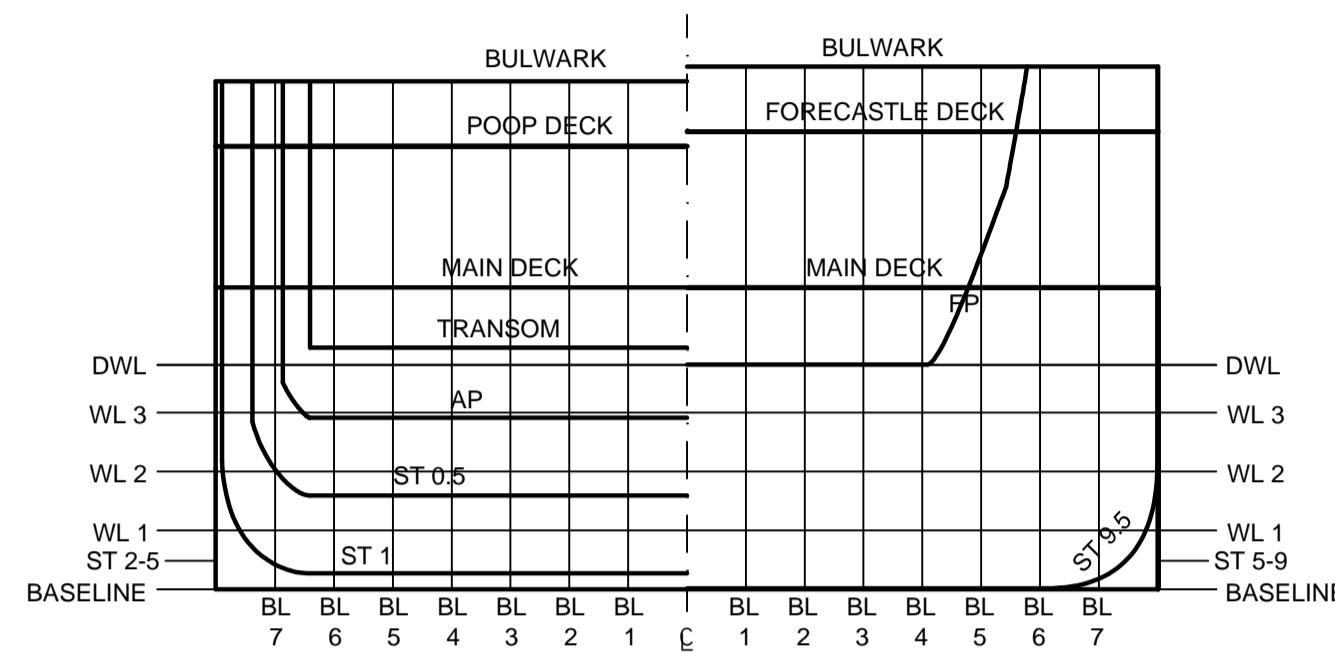
TABLE ORDINATE OF HEIGHT ABOVE BASELINE

NO. STATION	BUTTOCKLINE (M)									MAIN DECK	POOP DECK	FORECASTLE DECK	BULWARK
	0	1	2	3	4	5	6	7	8.01				
TRANSOM	4.104	4.104	4.104	4.104	4.104	4.104	4.104			5.13	7.53		8.63
AP	2.917	2.917	2.917	2.917	2.917	2.917	2.917			5.13	7.53		8.63
0.5	1.594	1.594	1.594	1.594	1.594	1.594	1.594	2.035		5.13	7.53		8.63
1	0.271	0.271	0.271	0.271	0.271	0.271	0.271	0.422		5.13	7.53		8.63
2	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13	7.53		8.63
3	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13			
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13			
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13			
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13			
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13			
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13			
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	5.13		7.78	8.88
9.5	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.016	0.178		5.13		7.78	8.88
10	3.819	3.819	3.819	3.819	3.819	5.696				5.13		7.78	8.88

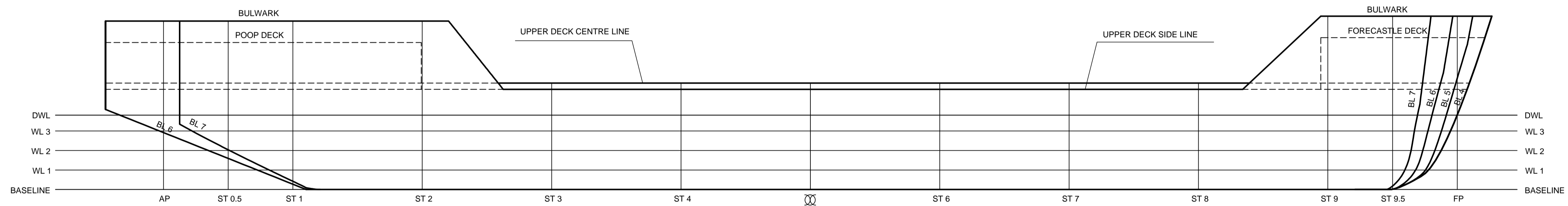
TABLE ORDINATE OF HALF BREADTH

NO. STATION	WATERLINE (M)					MAIN DECK	POOP DECK	FORECASTLE DECK	BULWARK
	0	1	2	3	DWL				
TRANSOM						6.408	6.408		6.408
AP						6.528	6.871	6.871	6.871
0.5			6.974	7.388	7.388	7.388	7.388		7.388
1		7.600	7.890	7.904	7.904	7.904	7.904		7.904
2	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010		8.010
3	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010		8.010
4	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010			8.010
5	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010			8.010
6	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010			8.010
7	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010			8.010
8	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010			8.010
9	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010	8.010		8.010	8.010
9.5		7.798	7.793	7.997	7.997	7.997		7.997	7.997
10						4.781		5.594	5.782

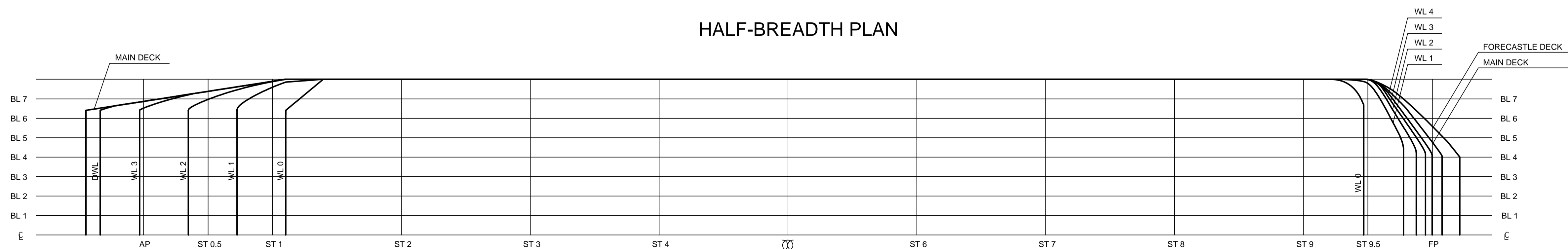
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF-BREADTH PLAN



PRINCIPLE DIMENSIONS	
TYPE	SPB
LENGTH OVER ALL (LOA)	71.00 m
LENGTH WATER LINE (LWL)	68.49 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (LPP)	66.26 m
BREADTH (B)	16.02 m
HEIGHT (H)	5.13 m
DRAUGHT (T)	3.81 m
BLOCK COEFFICIENT (CB)	0.9
SERVICE SPEED (Vs)	10 Knot
COMPLEMENT	16 Persons

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE AND SHIPBUILDING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY

## SPB DUPORE

# LINES PLAN

SCALE	: 1 : 125	SIGNATURE	DATE	0411154000028
DESIGNED BY	: Willyam Nainggolan			
APPROVED BY	: 1. Ir. Hesti Anita Kurniawati, M. Sc. 2. Danu Utama, S. T., M. T.			A1

**LAMPIRAN F**  
**DESAIN RENCANA UMUM**





## BIODATA PENULIS



Willyam Nainggolan, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Batam pada 17 November 1996 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Advent Batam, kemudian melanjutkan ke SD Advent Batam, SMPN 6 Batam dan SMAN 1 Batam. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN undangan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen Hubungan Luar HIMATEKPAL ITS 2016/2017 serta *staff* Departemen Kajian Strategis BEM FTK ITS 2016/2017. Selain itu penulis juga aktif dalam organisasi Kerukunan Pelajar Mahasiswa Kepulauan Riau (KPMR) – Surabaya. Penulis pernah menjabat sebagai Kepala Departemen Pendidikan KPMKR – Surabaya 2016/2017 dan Ketua Umum KPMKR – Surabaya 2017/2018.

Email: [willyamnainggolan@gmail.com](mailto:willyamnainggolan@gmail.com)