



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL *BULK CARRIER* GUNA PEMENUHAN  
KEBUTUHAN BATUBARA PLTU SUDIMORO PACITAN**

**Fathan Nurudin  
NRP 0411154000097**

**Dosen Pembimbing  
Hasanudin, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**





**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL *BULK CARRIER* GUNA PEMENUHAN  
KEBUTUHAN BATUBARA PLTU SUDIMORO PACITAN**

**Fathan Nurudin  
NRP 0411154000097**

**Dosen Pembimbing  
Hasanudin, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2020**



---

**FINAL PROJECT - MN 184802**

**DESIGN OF BULK CARRIER FOR COAL SUPPLY PLTU  
SUDIMORO PACITAN**

**Fathan Nurudin  
NRP 0411154000097**

**Supervisor  
Hasanudin, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2020**

# LEMBAR PENGESAHAN

## DESAIN KAPAL *BULK CARRIER* GUNA PEMENUHAN KEBUTUHAN BATUBARA PLTU SUDIMORO PACITAN


### 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:


**FATHAN NURUDIN**  
NRP 0411154000097

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:  
Dosen Pembimbing

  
**Hasanudin, S.T., M.T.**  
NIP 19800623 200604 1 001

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 07 JANUARI 2020

## LEMBAR REVISI

# DESAIN KAPAL *BULK CARRIER* GUNA PEMENUHAN KEBUTUHAN BATUBARA PLTU SUDIMORO PACITAN

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 07 Januari 2020

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

Oleh:

**FATHAN NURUDIN**  
NRP 0411154000097

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Totok Yulianto, S.T., M.T.

2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

3. Danu Utama, S.T, M.T.

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Hasanudin, S.T., M.T.

SURABAYA, 07 JANUARI 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua dan kakak 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. Bapak Hasanudin, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan serta motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini dan selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas izin pemakaian fasilitas laboratorium;
2. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS;
3. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T., Ahmad Nasirudin, S.T., M.T., dan Danu Utama, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Ibu Ani Widyastuti dan Bapak Syaifudin, sebagai orang tua Penulis serta Luthfi selaku saudara kandung Penulis yang selalu mendo'akan dan memberikan dukungan baik materiil maupun motivasi kepada Penulis;
5. Bapak Sigit selaku Manager Engineering PJB UBJOM PLTU Pacitan, Bapak Machnuri selaku Supervisor Div. Bahan Bakar dan Niaga, serta Bapak Erki selaku Staff Bahan Bakar dan Niaga atas pemberian izin melakukan pengambilan data penelitian;
6. Teman – teman seperjuangan kos Gg Makam, yaitu Bagas, Adit P., Agam, Adit, dan Dendi, Joni, Galus, Helga, dan Baharsyah yang memberikan semangat dan berbagi canda tawa dengan Penulis;
7. Teman – teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir Penulis, yaitu Mas Rozak, Mas Zhafran, Kevin, Edo, Mas Awang, Mas Nandes, Budi Ojan, Gizza yang selalu kooperatif selama bimbingan Tugas Akhir
8. Teman – teman P55 Samudraraksa yang selalu menjadi tempat bernaung dan tempat bertukar pikiran.

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, 7 Januari 2020

Fathan Nurudin



# DESAIN KAPAL *BULK CARRIER* GUNA PEMENUHAN KEBUTUHAN BATUBARA PLTU SUDIMORO PACITAN

Nama Mahasiswa : Fathan Nurudin  
NRP : 0411154000097  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Hasanudin, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Dalam proses elektrifikasi untuk mendukung pertumbuhan di wilayah Jawa Timur dan Bali, PLTU Pacitan merupakan salah satu pembangkit tenaga listrik di Jawa Timur yang memiliki dua pembangkit listrik berkapasitas 315 MW. PLTU Pacitan membutuhkan bahan bakar batubara dengan jumlah 8,000 ton perharinya untuk memenuhi pasokan listrik di wilayah Jawa Timur dan Bali. Dan beberapa jenis moda transportasi yang digunakan saat ini untuk menyuplai batubara ke PLTU Pacitan antara lain, *Tug & Barge*, *Self Propeller Barge* (SPB), dan kapal *Bulk Carrier*. Namun melihat keadaan saat ini banyak terjadi perubahan kondisi alam yang semakin tidak menentu, sehingga pemilihan penggunaan moda transportasi tongkang dan SPB harus dilakukan evaluasi ulang karena pada waktu tertentu, cuaca buruk menyebabkan pihak administrasi pelabuhan melarang kapal tongkang untuk tidak berlayar. Salah satu pemasok batubara PLTU Pacitan yaitu PT. Arutmin Indonesia pada provinsi Kalimantan Selatan sebagai acuan rute kapal. Dengan perencanaan desain kapal *bulk carrier* diharapkan kapal dapat berlayar pada cuaca buruk dan dapat difungsikan pada tiap waktu. *Payload* dari *bulk carrier* ini berdasarkan nilai kekurangan pasokan tiap tahun dan penentuan ukuran utama kapal menggunakan kapal pembanding yang disesuaikan dengan kondisi perairan pada saat beroperasi dengan metode regresi linear. Ukuran utama yang memenuhi kriteria teknis dan regulasi adalah  $L_{pp} = 162.7$  m;  $B = 25.0$  m;  $H = 14.2$  m;  $T = 10.0$  m. Tinggi freeboard minimum yang didapatkan yaitu 3274 mm, tonase kotor kapal mencapai 15,640.76 ton, Bobot Mati Kapal yaitu 29615,982 ton, kondisi stabilitas kapal memenuhi kriteria, dan probabilitas *deck wetness* memenuhi kriteria, yaitu untuk *heading* 90° dengan nilai 0.012, *heading* 135° dengan nilai 0.014, dan *heading* 180° dengan nilai 0.039. Dengan kurs USD terhadap Indonesia Rupiah 14,027 didapat Biaya pembangunan sebesar Rp. 106,425,619,372.80.

Kata kunci: *Bulk Carrier*, Pembangkit Listrik Tenaga Uap, Batubara.

# **DESIGN OF BULK CARRIER FOR COAL SUPPLY PLTU SUDIMORO PACITAN**

Author : Fathan Nurudin  
Student Number : 04111540000097  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Hasanudin, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

In the electrification process to support growth in the East Java and Bali regions, the Pacitan Power Plant is one of the Thermal Power Station in East Java that has two power plants with a capacity of 315 MW. The Pacitan power plant requires 8,000 tons of coal per day to meet the electricity supply in East Java and Bali. And several types of transportation modes currently used to supply coal to the Pacitan power plant include Tug & Barge, Self Propeller Barge (SPB), and Bulk Carrier ships. However, seeing the current condition, there are many changes in natural conditions that are increasingly uncertain, so that the selection of the use of barge and SPB transportation modes must be re-evaluated because at certain times, bad weather causes the port administration to prohibit barges from sailing. One of the coal suppliers of PLTU Pacitan is PT. Arutmin Indonesia in South Kalimantan province as a reference for ship routes. By planning the design of the bulk carrier ship, it is hoped that the ship can sail in bad weather and can be functioned at any time. Payload of the bulk carrier is based on the value of supply shortages each year and the determination of the main size of the ship using a comparative ship that is adjusted to the condition of the waters when operating with linear regression. The main dimensions that meet the technical and regulatory criteria are  $L_{pp} = 162.7$  m;  $B = 25.0$  m;  $H = 14.2$  m;  $T = 10.0$  m. The minimum freeboard height obtained is 3274 mm, the gross tonnage of the ship reaches 15,640.76 ton, the dead weight of the ship is 29615,982 ton, the condition of the ship's stability meets the criteria, the probability of deck wetness meets the criteria, namely for heading  $90^\circ$  with a value of 0.012, heading  $135^\circ$  with a value of 0.014, and heading  $180^\circ$  with a value of 0.039. With an exchange rate of USD against Indonesia Rupiah 14,027, a development cost of Rp. 106,425,619,372.80.

Keywords: Bulk Carrier, Thermal Power Station, Coal.

# DAFTAR ISI

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 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	1
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Manfaat .....	2
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	3
2.1. Dasar Teori .....	3
2.1.1. Jenis-Jenis Kapal yang Mengangkut Batubara.....	3
2.1.2. Ukuran Utama Kapal.....	5
2.1.3. Perhitungan Koefisien-Koefisien .....	6
2.1.4. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal Awal.....	9
2.1.5. Perhitungan Hambatan .....	10
2.1.6. Perhitungan Propulsi Kapal.....	11
2.1.7. Perhitungan LWT .....	12
2.1.8. Perhitungan DWT .....	13
2.1.9. Perhitungan Ruang Muat.....	15
2.1.10. Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	16
2.1.11. Perhitungan Stabilitas.....	17
2.1.12. Stabilitas <i>Grain Code</i> .....	20
2.1.13. <i>Seakeeping</i> .....	21
2.1.14. Gelombang Laut .....	22
2.1.15. Spektrum Gelombang.....	22
2.1.16. <i>Relative Bow Motion</i> .....	23
2.1.17. <i>Deck Wetness</i> .....	23
2.2. Tinjauan Pustaka.....	24
2.2.1. Tahapan Desain Kapal .....	24
2.2.2. Rencana Garis ( <i>Lines Plan</i> ).....	25
2.2.3. Rencana Umum ( <i>General Arrangement</i> ) .....	26
2.3. Tinjauan Wilayah.....	26
2.3.1. PLTU Pacitan .....	26
2.3.2. Terminal Batubara Pulau Laut Utara .....	28
BAB 3 METODOLOGI .....	31

3.1. Bagan Alir .....	31
3.2. Tahap Pengerjaan .....	32
3.2.1. Identifikasi Masalah.....	32
3.2.2. Studi Literatur .....	32
3.2.3. Pengumpulan Data.....	32
3.2.4. Penentuan <i>Payload</i> .....	33
3.2.5. Penentuan Ukuran Utama Kapal .....	33
3.2.6. Perhitungan Teknis .....	33
3.2.7. Desain Lines Plan, General Arrangement, dan Pemodelan 3D .....	33
3.2.8. Perhitungan Biaya.....	34
3.2.9. Kesimpulan dan Saran .....	34
BAB 4 Analisis Teknis .....	35
4.1. Operational Requirement .....	35
4.1.1. Penentuan Rute Pelayaran .....	35
4.1.2. Analisis Kebutuhan Batubara .....	36
4.1.3. Penentuan <i>payload</i> kapal .....	39
4.1.4. Analisa Kecepatan Kapal.....	40
4.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal .....	40
4.3. Perhitungan Koefisien Kapal .....	44
4.3.1. Perhitungan <i>Froude Number</i> .....	44
4.3.2. Perhitungan Keofisien Bentuk Kapal .....	44
4.4. Perhitungan Hambatan dan Propulsi .....	45
4.4.1. Perhitungan Hambatan Kapal .....	45
4.4.2. Perhitungan Propulsi Kapal .....	46
4.5. Perhitungan Berat Kapal .....	48
4.5.1. Perhitungan DWT Kapal .....	49
4.5.2. Perhitungan LWT Kapal.....	49
4.5.3. Total Berat Kapal.....	50
4.6. Perhitungan Titik Berat Kapal.....	50
4.7. Perhitungan Tonase Kapal .....	51
4.8. Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	52
4.9. Perhitungan Stabilitas.....	55
4.9.1. Analisa Stabilitas <i>Grain Code</i> .....	57
4.9.2. Kondisi Muatan 50% .....	57
4.9.3. Kondisi Muatan 75% .....	58
4.9.4. Kondisi Muatan 100% .....	59
4.10. Analisa <i>Deck Wetness</i> .....	60
4.10.1. RAO <i>Bulk carrier</i> .....	60
4.10.2. Spektrum Gelombang .....	61
4.10.3. <i>Relative Bow Motion Spectrum</i> .....	62
4.10.4. Perhitungan <i>Deck Wetness</i> .....	63
BAB 5 Desain <i>Bulk Carrier</i> .....	65
5.1. Desain <i>Lines Plan</i> .....	65
5.1.1. Desain Bentuk <i>Midship Section</i> .....	65
5.1.2. Desain <i>Bulbous Bow</i> .....	66
5.1.3. Penentuan <i>Angle of Entrance</i> .....	68
5.1.4. Bentuk Transom Kapal .....	68
5.1.5. Pembuatan <i>Lines Plan</i> .....	69
5.2. Desain <i>General Arrangement</i> .....	71

5.2.1.	Penentuan Jumlah Sekat .....	71
5.2.2.	Penentuan Ruang Muat .....	72
5.2.3.	Ruang Akomodasi .....	72
5.2.4.	<i>Profile View</i> .....	73
5.2.5.	Geladak Utama .....	74
5.2.6.	<i>Double Bottom</i> .....	74
5.2.7.	Bangunan Atas dan Rumah Geladak .....	75
5.2.8.	Peralatan Kapal .....	75
5.2.9.	Pemeriksaan <i>Navigation Bridge Visibility</i> .....	77
5.3.	Validasi Perhitungan Awal dengan Desain .....	78
5.4.	Desain Model 3D .....	78
BAB 6 Analisis Ekonomis .....		81
6.1.	Penentuan Estimasi <i>Material Cost</i> .....	81
6.2.	Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal .....	82
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN .....		85
7.1.	Kesimpulan .....	85
7.2.	Saran .....	86
DAFTAR PUSTAKA .....		87
LAMPIRAN .....		89
LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS .....		1
LAMPIRAN B PERHITUNGAN EKONOMIS .....		60
LAMPIRAN C KATALOG .....		62
LAMPIRAN D LINES PLAN .....		63
LAMPIRAN E General arrangement .....		1
LAMPIRAN F 3D MODEL .....		1
BIODATA PENULIS .....		2

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 <i>Tug &amp; Barge</i> .....	3
Gambar 2.2 <i>Self propelled Barge</i> .....	4
Gambar 2.3 <i>Bulk Carrier</i> .....	5
Gambar 2.4 Keofisien Blok .....	6
Gambar 2.5 Koefisien <i>Waterplan</i> .....	7
Gambar 2.6 Koefisien <i>Midship</i> .....	7
Gambar 2.7 Koefisien Prismatik.....	8
Gambar 2.8 Macam-Macam Daya Pada Kapal Berdasarkan Lokasinya .....	11
Gambar 2.9 Lengan Penegak ( <i>Righting Arms</i> ) .....	19
Gambar 2.10 Kurva <i>Residual Area</i> .....	20
Gambar 2.11 Enam Derajat Kebebasan Kapal.....	21
Gambar 2.12 <i>Ship design spiral</i> .....	24
Gambar 2.13 Lokasi PLTU Pacitan .....	26
Gambar 2.14 Kantor PJB UBJOM PLTU Pacitan .....	27
Gambar 2.15 ZQX1250 <i>Bridge-type Grab Ship Unloader</i> .....	27
Gambar 2.16 Terminal Batubara Pulau Laut Utara .....	28
Gambar 2.17 Letak Tambang PT. Arutmin .....	29
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	32
Gambar 4.1 Rute Pelayaran .....	35
Gambar 4.2 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2015.....	37
Gambar 4.3 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2016.....	37
Gambar 4.4 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2017.....	37
Gambar 4.5 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2018.....	38
Gambar 4.6 Grafik selisih kebutuhan dengan realisasi.....	38
Gambar 4.7 Hubungan DWT dan H .....	41
Gambar 4.8 Hubungan DWT dan B.....	41
Gambar 4.9 Hubungan DWT dan H .....	42
Gambar 4.10 Hubungan DWT dan T.....	42
Gambar 4.11 <i>Residual Area</i> Muatan 50% .....	57
Gambar 4.12 <i>Residual Area</i> Muatan 75% .....	58
Gambar 4.13 <i>Residual Area</i> Muatan 100% .....	59
Gambar 4.14 RAO Heave <i>Bulk Carrier</i> .....	60
Gambar 4.15 RAO Pitch <i>Bulk Carrier</i> .....	61
Gambar 4.16 Encounter Wave Spectrum <i>Bulk Carrier</i> .....	62
Gambar 4.17 <i>Relative Bow Motion Spectrum Bulk Carrier</i> .....	62
Gambar 5.1 Bentuk <i>midship</i> .....	65
Gambar 5.2 Sketsa Jari – Jari Bilga .....	66
Gambar 5.3 Diagram Watson/Gilfillan.....	67
Gambar 5.4 Bentuk Haluan Kapal .....	68
Gambar 5.5 <i>Angle of Entrance</i> Kapal .....	68
Gambar 5.6 Bentuk Transom Kapal .....	69
Gambar 5.7 Menentukan Ukuran <i>Surface</i> .....	69
Gambar 5.8 Menentukan <i>Frame of Referance &amp; Zero Point</i> .....	70

Gambar 5.9 <i>Perspective Lines Plan</i> .....	70
Gambar 5.10 <i>Lines Plan</i> .....	71
Gambar 5.11 <i>Pelintang Ruang Muat</i> .....	72
Gambar 5.12 <i>Tampak Samping Rencana Umum</i> .....	73
Gambar 5.13 <i>Tampak Atas Geladak Utama</i> .....	74
Gambar 5.14 <i>Tampak Atas Double Bottom</i> .....	74
Gambar 5.15 <i>Tampak Atas Boat Deck dan Bridge Deck</i> .....	75
Gambar 5.16 <i>Tampak Atas Wheelhouse, Top Deck, dan Forcastle Deck</i> .....	75
Gambar 5.17 <i>Free Fall Lifeboat</i> .....	77
Gambar 5.18 <i>Pemeriksaan Navigation Bridge Visibility</i> .....	78
Gambar 5.19 <i>Tampak Samping</i> .....	78
Gambar 5.20 <i>Tampak Depan</i> .....	79

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Pengaruh Perfoma Kapal .....	9
Tabel 2.2 Fasilitas NPLC .....	29
Tabel 4.1 Kebutuhan Batubara PLTU Pacitan .....	36
Tabel 4.2 Realisasi batubara PLTU Pacitan.....	36
Tabel 4.3 Selisih Kebutuhan dan Realisasi Pasokan Batubara .....	38
Tabel 4.4 Jumlah Pengiriman per tahun.....	39
Tabel 4.5 Data Kapal Pembanding .....	40
Tabel 4.6 Pemeriksaan rasio ukuran utama kapal.....	43
Tabel 4.7 Spesifikasi Mesin .....	47
Tabel 4.8 Spesifikasi Generator .....	48
Tabel 4.9 Rekapitulasi Berat Kapal .....	50
Tabel 4.10 Total Berat Kapal dan Titik Berat Kapal .....	50
Tabel 4.11 Perhitungan Tonase Kapal .....	52
Tabel 4.12 Standar <i>Freeboard</i> tipe ‘B’ .....	52
Tabel 4.13 Koreksi <i>freeboard</i> bangunan atas .....	53
Tabel 4.14 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Loadcase 1 - 3 .....	56
Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Loadcase 4 - 6.....	56
Tabel 4.16 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Loadcase 7 - 9.....	56
Tabel 4.17 Luasan Spektrum <i>Relative Bow Motion</i> .....	63
Tabel 4.18 Probabilitas <i>Deck Wetness</i> .....	63
Tabel 5.1 Validasi Perhitungan Awal dan Desain .....	78
Tabel 6.1 Estimasi Harga Lambung Kapal .....	81
Tabel 6.2 Estimasi Harga Bangunan Atas .....	82
Tabel 6.3 Estimasi Harga Konstruksi .....	82
Tabel 6.4 Total <i>Labour Cost</i> .....	83
Tabel 6.5 Total <i>Overhead Cost</i> .....	83
Tabel 6.6 Estimasi Biaya Pembangunan Kapal .....	83



## DAFTAR SIMBOL

L	= Panjang kapal (m)
Lwl	= <i>Length of Water Line</i> (m)
LoA	= <i>Length Over All</i> (m)
Lpp	= <i>Length Between Perpendicular</i> (m)
B	= Lebar kapal (m)
H	= Tinggi kapal (m)
T	= Sarat kapal (m)
Fn	= <i>Froud number</i>
$\Delta$	= <i>Displacement</i> (ton)
$\nabla$	= Volume displacement kapal (m <sup>3</sup> )
C <sub>B</sub>	= Koefisien blok
C <sub>D</sub>	= Koefisien Displacement
C <sub>F</sub>	= Koefisien hambatan gesek
C <sub>M</sub>	= Koefisien midship
C <sub>P</sub>	= Koefisien prismatic
C <sub>V</sub>	= Koefisien kecepatan
C <sub>WP</sub>	= Koefisien <i>water plane</i>
BHP	= <i>Brake horse power</i> (hp)
DHP	= <i>Delivered horse power</i> (hp)
SHP	= <i>Shaft horse power</i> (hp)
EHP	= <i>Effectif horse power</i> (hp)
(1+k <sub>1</sub> )	= Faktor bentuk badan kapal
(1+k <sub>2</sub> )	= Faktor appendages yang tercelup ke dalam air
LCB	= Longitudinal center of bouyancy (m)
LCG	= Longitudinal center of gravity (m)
KB	= Kell to Bouyancy
LWT	= Light weight tonnage (ton)
R <sub>t</sub>	= Hambatan total kapal (N)
VCG	= Vertical center of gravity (m)
V <sub>s</sub>	= Kecepatan dinas kapal (knot)
WSA	= Luasan permukaan basah (m <sup>2</sup> )
$\rho$	= Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
L <sub>w</sub>	= Panjang gelombang
V <sub>w</sub>	= Kecepatan gelombang
T <sub>w</sub>	= Periode gelombang
k	= <i>Wave number</i>
$\omega_w$	= Frekuensi gelombang
f'	= <i>Freeboard efektif</i>
m <sub>0</sub>	= Luasan di bawah <i>response spectrum</i> ( <i>Luasan relative bow motion spectrum</i> )
S <sub><math>\zeta</math></sub>	= <i>Spectral density</i> untuk <i>wave spectrum</i>
S <sub>Z</sub>	= <i>Spectral density</i> untuk <i>respons spectrum</i> gerakan <i>heave</i>
S <sub><math>\theta</math></sub>	= <i>Spectral density</i> untuk <i>respons spectrum</i> gerakan <i>pitch</i>



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara penghasil batubara peringkat ke lima di dunia dan diprediksi jumlah produksi batubara lebih dari 386 juta ton setiap tahun. Dengan cadangan batubara di Indonesia saat ini diperkirakan 5.5 miliar ton (Hasan, 2019) Batubara merupakan salah satu produk pertambangan yang kerap digunakan sebagai sumber energi pada sektor pembangkit listrik. Kebutuhan batubara tersebut diperkirakan akan terus meningkat ketika batubara digunakan sebagai bahan bakar utama pembangkit listrik menggantikan minyak karena biaya lebih tinggi dari batubara.

PLTU Pacitan merupakan salah satu pembangkit listrik yang dicanangkan untuk pemenuhan kebutuhan listrik yang melingkupi wilayah Jawa Timur dan Bali. PLTU Pacitan memiliki dua unit pembangkit listrik berkapasitas masing-masing 315 MW yang membutuhkan 8000 ton batubara perharinya untuk memenuhi pasokan listrik di wilayah Jawa Timur dan sekitarnya. Suplier bahan bakar batubaranya berasal dari PT.Arutmin Indonesia dan PT. Darma Henwa (DetikFinance, 2010).

Jenis moda transportasi yang digunakan saat ini untuk menyuplai batubara ke PLTU Pacitan antara lain, *Tug & Barge*, *Self Propeller Barge (SPB)*, dan kapal *Bulk Carrier*. Namun melihat keadaan saat ini banyak terjadi perubahan kondisi alam yang semakin tidak menentu, sehingga pemilihan penggunaan moda transportasi tongkang harus dilakukan evaluasi ulang. Pada waktu tertentu cuaca buruk menyebabkan pihak administrasi pelabuhan melarang kapal tongkang untuk tidak berlayar, dan memilih berlabuh menunggu cuaca yang baik (Susanto, 2017).

Oleh karena itu, dengan perencanaan desain kapal Bulk Carrier diharapkan kapal dapat berlayar pada cuaca buruk dan menjadi moda transportasi alternatif menggantikan kapal tongkang yang kurang difungsikan disetiap waktu dapat menghambat proses pasokan batubara.

### **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang yang telah dijelaskan, maka pokok-pokok permasalahan yang akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan *payload* kapal?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama Kapal Bulk Carrier yang sesuai dengan kondisi perairan rute Tanah Laut (Kalimantan) – PLTU Pacitan?
3. Bagaimana hasil perhitungan teknis hambatan, dan daya mesin, dan analisa *freeboard*, stabilitas, dan *seakeeping* kapal yang sesuai aturan?
4. Bagaimana menentukan desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan *Model 3D Bulk Carrier* pengangkut batubara?
5. Bagaimana perhitungan biaya pembangunan *Bulk Carrier*?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan yang ingin dicapai penulisan Tugas Akhir ini adalah:

1. Merencanakan *payload* kapal.
2. Mendapatkan ukuran utama *Bulk Carrier* yang sesuai untuk pasokan batubara dari Kalimantan ke dermaga PLTU Pacitan.
3. Mendapatkan perhitungan teknis hambatan, dan daya mesin, dan analisis *freeboard*, stabilitas, dan *seakeeping* kapal yang sesuai aturan.
4. Merencanakan desain rencana garis, rencana umum, *Model 3D Bulk Carrier*.
5. Menghitung biaya pembangunan *Bulk Carrier*.

### **1.4. Batasan Masalah**

Pengerjaan Tugas Akhir ini memiliki batasan masalah yaitu:

1. Pelayaran yang menjadi objek penelitian adalah pelayaran pada Laut Jawa.
2. Dermaga dianggap tetap dan tidak diubah.
3. Perhitungan konstruksi kapal, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang diabaikan.

### **1.5. Manfaat**

Manfaat yang diharapkan dari Tugas Akhir kali ini adalah sebagai berikut :

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menunjang proses belajar dan mengajar serta turut memajukan pendidikan yang ada di Indonesia.
2. Secara non akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menjadi referensi transportasi pengangkut batubara yang sesuai terhadap pendistribusian muatan dari Kalimantan ke Pacitan.

## BAB 2

# STUDI LITERATUR

### 2.1. Dasar Teori

#### 2.1.1. Jenis-Jenis Kapal yang Mengangkut Batubara

Salah satu sarana angkutan untuk mengangkut batubara dari suatu tempat ke tempat tujuan adalah menggunakan transportasi laut. Beberapa moda transportasi yang dapat mengangkut muatan batubara sebagai berikut:

##### 1. Kapal Tunda dan Tongkang (*Tug & Barge*)

Kapal tongkang berfungsi sebagai ruang muat yang memiliki bentuk lambung datar atau suatu kotak besar yang mengapung dan ditarik dengan kapal tunda. Dengan jenis sarana ini waktu yang diperlukan untuk mencapai tujuan lebih lama dibanding dengan penggunaan kapal *bulk carrier*, karena bentuk lambung dari kapal tongkang berbentuk datar dan hampir menyerupai balok, sehingga hambatan yang dihasilkan besar yang mana dapat mempengaruhi kebutuhan tenaga *tug boat* menjadi besar, bahkan bila dioperasikan di laut yang bergelombang tentu dapat menambah hambatan pada tongkang dalam berlayar. Gambar 2.1 menunjukkan kapal *tug* menarik *barge* yang berisikan batubara.



**Gambar 2.1 Tug & Barge**  
(Sumber : [multicargoenergy.com/tug-and-barge](http://multicargoenergy.com/tug-and-barge))

## 2. *Self propelled Barge* (SPB)

*Self propelled barge* merupakan kapal yang memiliki bentuk seperti tongkang, tetapi memiliki sistem pendorong sendiri. SPB membutuhkan mesin sendiri yang mentransmisikan daya ke propeller sehingga menghasilkan gaya dorong. Pengoperasian SPB yaitu pada kondisi sarat air yang rendah seperti tongkang, tetapi SPB memiliki alat penggerak sendiri sehingga untuk bermaneuver tidak membutuhkan *tug*. SPB terkadang masih membutuhkan jasa *tug* untuk keperluan tambat dan ketika berlayar di perairan dengan tinggi gelombang diatas 4 meter kapal ini belum bisa dioperasikan (Amri, 2015). Gambar 2.2 menunjukkan kapal SPB mengangkut muatan batubara.



**Gambar 2.2 *Self propelled Barge***  
(Sumber : [anggrekhitam.com/self-propelled-barge-laju](http://anggrekhitam.com/self-propelled-barge-laju))

## 3. *Bulk Carrier*

*Bulk carrier* merupakan kapal yang khusus digunakan untuk mengangkut muatan curah seperti, biji tanaman (kedelai dan gandum), dan biji tambang (batubara). Kapal ini dapat dimanfaatkan oleh perusahaan pupuk, dan tambang untuk mengangkut produk dari perusahaan tersebut. *Bulk carrier* pada umumnya memiliki ukuran yang cukup besar dan panjang lebih dari 100 meter. Kapal *bulk carrier* mempunyai stabilitas yang baik karena pada titik M berada diatas titik G dalam semua kondisi(Putra, 2012). Kapal *bulk carrier* dibagi menjadi beberapa kategori sebagai berikut(Lamb, 2003) :

- a. *Handysize* yaitu dengan memiliki bobot mati (DWT) dari 10.000 hingga 35.000 ton.
- b. *Handymax* yaitu kategori kapal *bulk carrier* yang memiliki DWT dari 35.000 hingga 50.000 ton. *Handy max* juga sering disebut dengan *handysize bulk carrier*.

- c. *Panamax* yaitu kategori kapal *bulk carrier* dengan DWT yang berkisar 50.000 hingga 80.000 ton.
- d. *Capesize* yaitu kategori kapal *bulk carrier* dengan DWT diatas 80.000 ton, Gambar 2.3 menunjukkan kategori *capecize*.



**Gambar 2.3 Bulk Carrier**  
(Sumber : Man Diesel & Turbo, 2014)

### 2.1.2. Ukuran Utama Kapal

Salah satu hal yang penting dalam mendesain sebuah kapal yaitu menentukan ukuran utama. Adapun definisi-definisi ukuran utama kapal ialah sebagai berikut.

1. *Loa (Length Overall)*

Loa adalah panjang kapal keseluruhan yang diukur dari ujung buritan sampai ujung haluan.

2. *Lpp (Length Between Perpendiculars)*

Lpp adalah panjang antara kedua garis tegak buritan dan garis tegak haluan yang diukur.

3. *Lwl (Length on the Waterline)*

Lwl adalah jarak mendatar antara kedua ujung garis muat. Lwl di ukur dari titik potong linggi haluan sampai titik potong linggi buritan dan kulit lambung diabaikan.

4. *H (Height/Depth)*

H adalah jarak tegak dari garis dasar sampai garis geladak terendah, ditepi diukur di tengah-tengah panjang kapal (Lpp).

5. T (*Draugh/Draft*)

T adalah jarak tegak dari garis dasar sampai pada garis air muat.

6. B (*Breadth*)

B adalah jarak mendatar gading tengah kapal yang diukur pada bagaian luar gading (kulit lambung diabaikan).

**2.1.3. Perhitungan Koefisien-Koefisien**

Adapun perhitungan koefisien-koefisien pada kapal sebagai berikut.

1. *Froude Number*

Dikutip berdasarkan (Lewis, 1988) rumus untuk menentukan *Froude Number* sebagai berikut.

$$Fn = Vs / (g.L)^{0.5} \dots\dots\dots (2.1)$$

Dimana

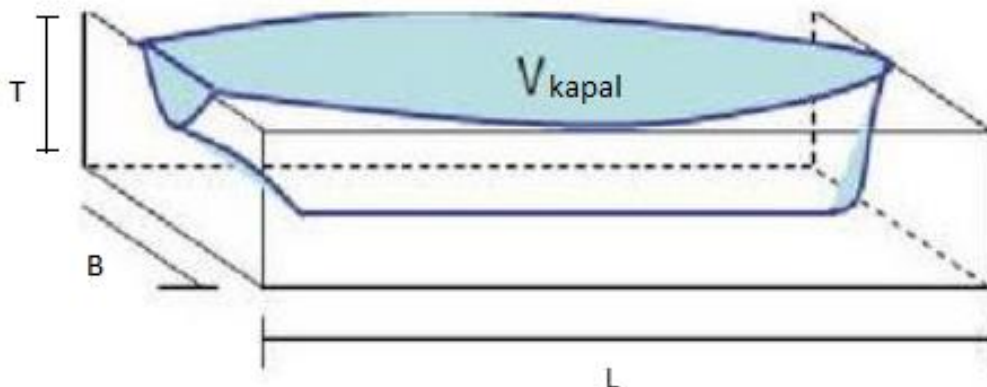
Vs = Kecepatan kapal [m/s]

g = Percepatan gravitasi [m/s<sup>2</sup>]

L = *Length of waterline* [m]

2. Koefisien Blok (Cb)

Koefisien blok merupakan perbandingan rasio antara volume kapal dengan dengan volume kotak yang berukuran B x T x L. Pada Gambar 2.4 menunjukkan perbandingan rasio antara volume kapal dengan volume kotak yang berukuran L x B x T yang disebut Koefisien blok.



**Gambar 2.4 Keofisien Blok**  
(Sumber : Wibowo & Muvariz, 2017)



Adapun perhitungan  $C_b$  didapat menggunakan rumus pendekatan berdasarkan rumus (Parsons, 2001) yaitu.

$$C_b = - 4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3 \dots\dots\dots(2.2)$$

3. Koefisien *Waterplan* ( $C_{wp}$ )

Koefisien *waterplan* merupakan rasio antara luas bidang garis muat dengan luas segi empat berukuran  $L \times B$ . Gambar 2.5 menunjukkan koefisien *waterplan*.



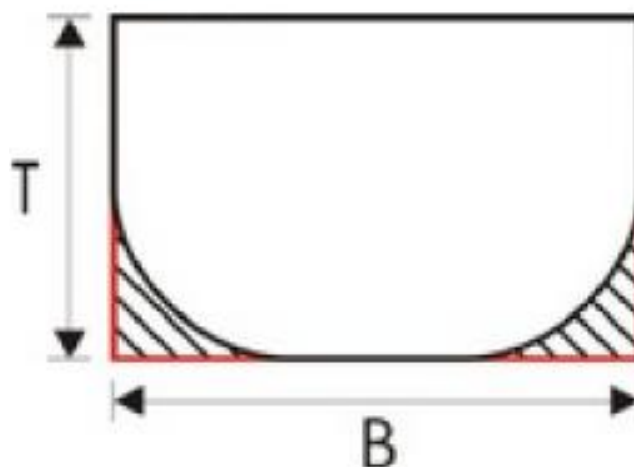
**Gambar 2.5 Koefisien *Waterplan***  
(Sumber : Wibowo & Muvariz, 2017)

Perhitungan koefisien *waterplan* didapatkan menggunakan rumus pendekatan berdasarkan rumus (Parsons, 2001) yaitu.

$$C_{wp} = C_b (0.471 + 0.551 C_b) \dots\dots\dots(2.3)$$

4. Koefisien *Midship* ( $C_M$ )

Koefisien *midship* merupakan perbandingan antara luas *midship* dengan segi empat yang berukuran  $B \times T$ . Gambar 2.6 menunjukkan koefisien *midship*.



**Gambar 2.6 Koefisien *Midship***  
(Sumber : Wibowo & Muvariz, 2017)

Perhitungan koefisien *midship* didapatkan menggunakan rumus pendekatan berdasarkan rumus (Parsons, 2001) yaitu.

$$C_M = 1.006 - (0.0056 \times (C_b^{-3.56})) \dots \dots \dots (2.4)$$

5. Koefisien Prismatic

Koefisien prismatic terbagi menjadi 2, yaitu:

a. Koefisien Prismatic Memanjang

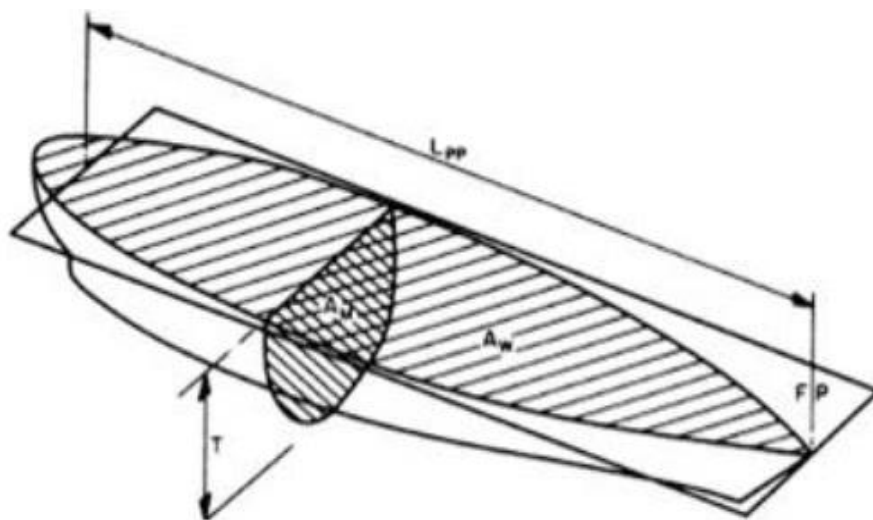
Secara definisi, koefisien prismatic memanjang ( $C_p$ ) adalah perbandingan antara volume badan kapal dibawah permukaan air dengan volume prisma dengan luas penampang *midship* ( $A_m$ ) dan panjang  $L_{wl}$ . Adapun rumus pendekatannya yaitu :

$$C_p = C_b / C_M \dots \dots \dots (2.5)$$

b. Koefisien Prismatic Tegak

Secara definisi koefisien prismatic tegak ( $C_{pv}$ ) adalah perbandingan antara volume badan kapal di bawah permukaan air dengan volume prisma berpenampang  $A_w$  dengan tinggi kapal ( $T$ ) seperti terlihat pada Gambar 2.7. Adapun rumus pendekatannya yaitu :

$$C_{pv} = C_b / C_{wl} \dots \dots \dots (2.6)$$



**Gambar 2.7 Koefisien Prismatic**  
(Sumber : Wibowo & Muvaris, 2017)

6. Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)

Rumus menentukan Longitudinal Center of Bouyancy (LCB) yaitu (Parsons, 2001).

$$LCB = 8.80 - 38.9 F_n \dots\dots\dots(2.7)$$

7. *Volume displacement*

Adapun rumus untuk menentukan *volume displacement* yaitu.

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times C_b \dots\dots\dots(2.8)$$

8. Berat *Displacement*

Untuk menghitung berat *displacement* yaitu dengan mengalikan *volume displacement* dengan massa jenis fluida, sehingga:

$$\Delta = Lwl \times B \times T \times C_b \times \rho \dots\dots\dots(2.9)$$

**2.1.4. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal Awal**

Dalam menentukan parameter utama dari kapal yang didesain dalam preliminary design, terdapat dua cara yang dapat digunakan yaitu dengan mengambil desain yang telah ada dan dengan cara membentuk analisa statistik berupa rasio L/B, L/D, B/T D/T dan karakteristik teknik lainnya setelah didapatkan ukuran utama awal. Nilai rasio tersebut merefleksikan karakteristik kemampuan kapal seperti seakeeping, stabilitas dan sebagainya. Rasio ini digunakan dalam menentukan ukuran utama awal kapal (Hardjono, 2018). Pemeriksaan ukuran utama kapal memiliki pengaruh terhadap performa kapal seperti Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Pengaruh Perfoma Kapal**

<b>Parameter Utama</b>	<b>Pengaruh Terhadap <i>Performance</i> Kapal</b>
Panjang (L)	<i>Resistance, longitudinal strength, maneuverabilty, sea keeping, hull volume, capital cost.</i>
Lebar (B)	<i>Transverse stability, hull volume, resistance, maneuverability, capital cost.</i>
Tinggi (D)	<i>Hull volume, longitudinal strength, transverse stability, capital cost, freeboard.</i>
Sarat (T)	<i>Displacement, transverse stability, freeboard, resistance.</i>

(Sumber : Hardjono, 2010)

### 2.1.5. Perhitungan Hambatan

#### 1. Koefisien Hambatan Gesek ( $C_F$ )

Untuk menentukan nilai dari koefisien hambatan gesek dapat menggunakan rumus (Lewis, 1988) sebagai berikut :

$$C_F = 0.075 / (\log Rn - 2)^2 \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana

$$Rn = Lwl \times (Vs / V)$$

$$Vs = 1.1883 \times 10^{-6} \quad [m/s^2]$$

$$V = \text{Kecepatan kapal} \quad [m/s]$$

#### 2. Koefisien Bentuk ( $1 + k$ )

Untuk menentukan nilai dari koefisien bentuk dapat digunakan persamaan yang terdapat pada buku (Lewis, 1988).

$$(1 + k) = (1+k_1) + [(1+k_2) - (1+k_2)] S_{app} / S_{tot} \dots\dots\dots (2.11)$$

#### 3. Coleration Allowance ( $C_A$ )

Dalam menentukan nilai *coleration allowance* yaitu didapatkan dari perbandingan sarat (T) dan panjang garis air (LWL).

$$C_A = T / Lwl \dots\dots\dots (2.12)$$

#### 4. Koefisien Hambatan Gelombang ( $R_W$ )

Dalam menentukan nilai koefisien hambatan gelombang dapat digunakan persamaan berikut.

$$R_W/W = C_1 C_2 C_3 e^{m1 \times Fn^d + m2 \cos (\lambda Fn^2)} \dots\dots\dots (2.13)$$

#### 5. Gaya Berat ( W )

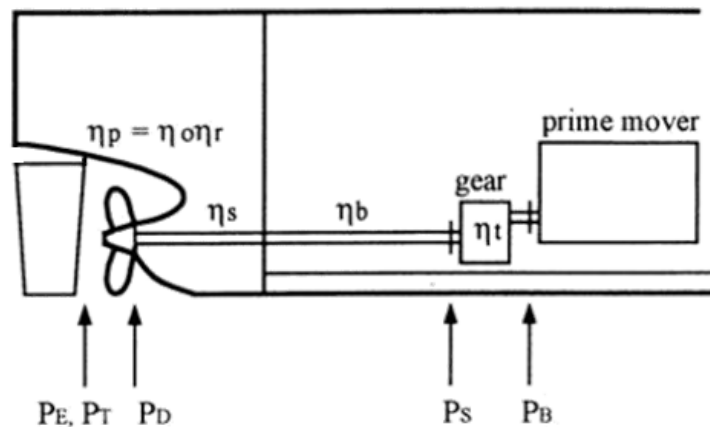
Gaya berat didefinisikan sebagai hasil perkalian antara massa displacement kapal (ton) dengan percepatan gravitasi bumi ( $m/s^2$ ).

#### 6. Luas Permukaan Basah ( $S_{tot}$ )

Luas permukaan basah didefinisikan sebagai seluruh luasan badan kapal yang tercelup ke dalam air. Selain badan kapal terdapat beberapa appendages yang ikut tercelup ke dalam air masuk ke dalam luas permukaan basah tersebut salah satu contohnya adalah kemudi.

### 2.1.6. Perhitungan Propulsi Kapal

Tahap setelah mengetahui hambatan kapal yaitu penentuan kapasitas mesin yang diperlukan oleh kapal untuk mengatasi hambatan tersebut sehingga kapal dapat berlayar dengan kecepatan yang telah ditentukan. Berikut merupakan penjelasan singkat tentang daya-daya yang bekerja pada kapal disajikan pada Gambar 2.8.



**Gambar 2.8 Macam-Macam Daya Pada Kapal Berdasarkan Lokasinya**  
(Sumber : Parsons, 2001)

#### 1. *Effective Horse Power* (EHP)

*Effective Horse Power* merupakan daya yang diperlukan untuk melawan hambatan yang terjadi sehingga kapal mampu bergerak sesuai kecepatan yang telah ditentukan (Parsons, 2001). Persamaan EHP yaitu.

$$P_E = R_T \times V \dots\dots\dots(2.14)$$

#### 2. *Delivered Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya (*power*) yang sampai pada propeller. DHP dihitung dengan formula ini.

$$P_D = P_E / \eta_H \times \eta_R \times \eta_O \dots\dots\dots(2.15)$$

#### 3. *Shaft Horse Power* (SHP)

SHP didefinisikan sebagai daya (*power*) yang telah melewati transmisi pada *reduction gear*. Besarnya nilai SHP ditentukan oleh letak kamar mesin, untuk kamar mesin di belakang memiliki nilai efisiensi 0,98, sedangkan untuk kamar mesin di midship memiliki nilai 0,97 (Parsons, 2001).

$$P_S = P_D / \eta_S \times \eta_B \dots\dots\dots(2.16)$$

#### 4. Break Horse Power (BHP)

Didefinisikan sebagai daya yang dibutuhkan oleh mesin utama. Nilai BHP dikalikan dengan service margin sebesar 15%-25%. Dalam pemilihan mesin induk yang ada di katalog harus lebih besar dari nilai daya yang dihasilkan dari formula di bawah ini.

$$PB = PS / \eta_t$$

#### 2.1.7. Perhitungan LWT

##### 1. Perhitungan berat baja kapal (Parsons, 2001)

$$W_{st} = W_{si}' (1 + 0.05(Cb' - Cb)) \dots\dots\dots (2.17)$$

$$Cb' = Cb + (1 - Cb)((0.8 \times H - T) / 3 \times T) \dots\dots\dots (2.18)$$

$$W_{si}' = W_{si} - (\%Scrap \times W_{si}) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$W_{si} = K \times E^{1.36} \dots\dots\dots (2.20)$$

$$E = L (B + T) + 0.85 \times L (H - T) + 0.85(l_1 \times h_1) + 0.75(l_2 \times h_2) \dots\dots\dots (2.21)$$

Dimana

- $W_{ST}$  = *Structural Weight*
- $W_{si}'$  = *Net Steel Weight (after scrap)*
- $W_{si}$  = *Net Steel Weight (before scrap)*
- $\%Scrap$  = Faktor presentase scrap terhadap nilai Cb
- $Cb'$  = *Block Coefficient (at 0,8H)*
- $K$  = *Structural Weight Coefficient*
- $E$  = *Equipment Number (LR)*
- $l_1$  = *Panjang Bangunan Atas*
- $h_1$  = *Tinggi Bangunan Atas*
- $l_2$  = *Panjang Houses*
- $h_2$  = *Tinggi Houses*

##### 2. Perhitungan Berat E & O (Schneekluth & Bertram, 1998)

Perhitungan berat E & O dihitung berdasarkan fungsi luas *deck (houses)* yang terdapat pada kapal dikalikan *specific and unit area weights factor*.

- Untuk ukuran kapal kecil dan sedang = 160 – 170 kg/m<sup>2</sup> atau 60 – 70 kg/m<sup>2</sup>
- Untuk ukuran kapal besar = 180 – 200 kg/m<sup>2</sup> atau 80 – 90 kg/m<sup>2</sup>

Untuk perhitungan berat selain *houses* maka dikalikan dengan faktor *Ceo*

$$- 0.18 \text{ t/m}_2 < Ceo < 0.26 \text{ t/m}_2$$

### 3. Perhitungan Berat Permesinan

Perhitungan berat mesin didasarkan pada pemilihan mesin yang terdapat pada katalog mesin, yang sudah disesuaikan dengan daya yang dibutuhkan kapal.

#### 2.1.8. Perhitungan DWT

##### 1. *Payload*

*Payload* didapat berdasarkan data kebutuhan batubara PLTU Pacitan yang dikurang dengan jumlah realisasi pasokan batubara. Dimana data yang didapatkan merupakan data Rakor Pasokan Batubara PLTU Pacitan.

##### 2. Kebutuhan Bahan Bakar Kapal

$$MFO \text{ atau } MDO = \text{Seatime} \times \text{Koefisien Konsumsi} + \text{Koreksi } 10\% \dots\dots\dots(2.22)$$

Di mana

- MFO/MDO = Marine Diesel Oil / Marine Fuel Oil
- Seatime = Workload mesin [Jam]
- Koefisien = 0.085 ton/jam [Main Engine]
- 0.14 ton/jam [Generator Set]

Perhitungan di atas juga berlaku untuk menghitung kebutuhan bahan bakar *genset*.

##### 3. Kebutuhan Minyak Pelumas

$$LO = (K/1,000) \times \rho \times Power \times (n / 24) \dots\dots\dots(2.23)$$

Di mana

LO	= Kebutuhan <i>lubricating oil</i>	
K	= Koefisien konsumsi	
$\rho$	= Massa jenis	[0,92 ton/m <sup>3</sup> ]
P	= Daya mesin	[Watt]
N	= Jumlah mesin	

Perhitungan di atas juga berfungsi untuk menghitung kebutuhan LO generator set.

#### 4. Kebutuhan Air Tawar

$$W_{fw} = K \times n \times \textit{Seatime} \dots\dots\dots (2.24)$$

Di mana

W <sub>fw</sub>	= Berat fresh water	
K	= Koefisien konsumsi air tawar	
	(125 kg/orang/hari) untuk kebutuhan crew	
	(2-5 kg/HP) untuk kebutuhan mesin	
n	= Jumlah crew / mesin	
Seatime	= Waktu Pelayaran	[hari]

#### 5. Berat *Provision*

$$W_{prov} = K \times n \times \textit{Seatime} \dots\dots\dots (2.25)$$

Di mana

W <sub>prov</sub>	= Berat <i>Provision</i>	
K	= Koefisien <i>Provision</i>	[10 kg/orang/hari]
n	= Jumlah crew	
Seatime	= Waktu Pelayaran	[hari]

#### 6. Berat Orang dan Bawaan

$$W_{person} = K \times n \dots\dots\dots (2.26)$$

Di mana

W <sub>person</sub>	= Berat person	
---------------------	----------------	--



- K = Koefisien person [76 kg/orang]
- n = Jumlah crew

**2.1.9. Perhitungan Ruang Muat**

1. Jarak Gading (( *Vol II* ),2017 *Rules for Hull*,2017)

$$\text{Jarak Gading} = 2.5 \times L_{pp} + 410 \dots\dots\dots(2.27)$$

Di mana

- L<sub>km</sub> = Panjang kamar mesin [m]
- L<sub>me</sub> = Panjang *main engine* [m]
- L<sub>ae</sub> = Panjang *auxiliary engine* [m]

2. Kamar Mesin

$$L_{km} = L_{me} + L_{ae} + \text{Koreksi} \dots\dots\dots(2.28)$$

Di mana

- L<sub>km</sub> = Panjang kamar mesin [m]
- L<sub>me</sub> = Panjang *main engine* [m]
- L<sub>ae</sub> = Panjang *auxiliary engine* [m]

3. Sekat Tubrukan (Biro Klasifikasi Indonesia (BKI), 2017)

$$\text{Jarak Sekat Tubrukan} = (0.05 - 0.08) \text{ dari FP, kapal } L < 200 \text{ m} \dots\dots\dots(2.29)$$

4. Tangki

Pada Tugas Akhir ini, tangki yang digunakan berbentuk persegi kecuali tangki untuk penyimpanan oli bekas.

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots(2.30)$$

Di mana

- V = Volume tangki [m<sup>3</sup>]
- L = Panjang tangki [m]
- B = Lebar tangki [m]
- H = Tinggi tangki [m]

5. Akomodasi

Perencanaan ruang akomodasi disesuaikan berdasarkan kebutuhan kapal.

**2.1.10. Perhitungan *Freeboard***

Perhitungan *freeboard* melalui beberapa tahapan sebagai berikut (*International Maritime Organization (IMO), 1988*).

1. Tipe Kapal

Tipe A adalah kapal yang :

- a. Didesain hanya untuk mengangkut kargo curah cair; atau
- b. Memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka dengan alasan kenyataan bahwa tangki kargo hanya memiliki lubang akses yang kecil, ditutup dengan penutup baja atau bahan lain dengan paking kedap air; dan
- c. Memiliki permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh. Kapal tipe A: *Tanker*.

Kapal tipe B: kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

- a. Kapal tipe B: *Grain carrier, ore carrier, general cargo, passenger ships*.

2. Koreksi

Koreksi digunakan untuk mengetahui standar *freeboard* kapal yang didesain adalah sebagai berikut:

- a. Koreksi untuk kapal yang panjang lebih dari 100 m

$$Actual\ Freeboard \geq Freeboard\ minimum$$

- b. Koreksi koefisien blok (*C<sub>b</sub>*)

Koreksi dilakukan jika *C<sub>b</sub>* > 0,68 maka:

$$Fb_2 = Fb \times \frac{Cb+0.68}{1.36} \dots\dots\dots(2.31)$$

Di mana

$$Fb_2 = Koreksi\ freeboard\ kapal\ C_b > 0.68$$

- c. Koreksi tinggi kapal

Koreksi dilakukan jika  $D > L / 15$  maka:

$$Fb_3 = R (D - L / 15) \dots\dots\dots(2.32)$$

Di mana

$$R = L / 0.48 \quad \text{untuk } L < 120 \text{ m}$$

$$R = 250 \quad \text{untuk } L > 120 \text{ m}$$

$$D = \text{Tinggi kapal [m]}$$

- d. Tinggi standar bangunan atas dan koreksi bangunan atas
- e. Koreksi bangunan atas
- f. *Minimum Bow height*

#### 2.1.11. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan sebuah kapal untuk kembali ke kedudukan semula setelah mengalami kemiringan oleh gaya-gaya yang ditimbulkan oleh kapal itu sendiri dan gaya – gaya dari luar kapal. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbang gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu.

1. Faktor internal yaitu tata letak barang/kargo, bentuk ukuran kapal, kebocoran karena kandas atau tubrukan.
2. Faktor eksternal yaitu berupa angin, ombak, arus dan badai.

Titik-titik penting dalam stabilitas antara lain adalah titik berat (G), titik apung (B) dan titik M (Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2003).

1. Titik Berat (*Center of Gravity*)

Secara definisi titik berat (G) ialah titik tangkap dari semua gaya-gaya yang bekerja ke bawah. Letak titik G pada kapal kosong ditentukan oleh hasil percobaan stabilitas.

2. Titik Apung (*Center of Buoyancy*)

Titik apung (center of buoyance) dikenal dengan titik B dari sebuah kapal, merupakan titik tangkap dari resultan gaya-gaya yang menekan tegak ke atas dari bagian kapal yang terbenam dalam air.

### 3. Titik Metasentris

Titik metasentris atau dikenal dengan titik M dari sebuah kapal, merupakan sebuah titik semu dari batas dimana titik G tidak boleh melewati di atasnya agar supaya kapal tetap mempunyai stabilitas yang positif (stabil).

Adapun dimensi pokok dalam stabilitas kapal yang dikutip berdasarkan (Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2003) sebagai berikut.

#### 1. 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  $KM = KB + BM$ .

#### 2. 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 (Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2003). Nilai KB dapat dicari yaitu.

- Untuk kapal tipe plat *bottom*,  $KB = 0.50d$
- Untuk kapal tipe V *bottom*,  $KB = 0.67d$
- Untuk kapal tipe U *bottom*,  $KB = 0.53d$  dimana  $d = draft$  kapal

#### 3. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

BM dinamakan jari-jari metasentris atau metacentris radius karena bila kapal mengoleng 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 ( $100^\circ - 150^\circ$ ). Penjelasan lebih lanjut sebagai berikut.

$$BM = b_2 / 10d \dots\dots\dots (2.33)$$

Di mana

- $b$  = Lebar Kapal [m]
- $d$  = draft kapal [m]

#### 4. 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.

$$KG \text{ Total} = K / W \dots\dots\dots(2.34)$$

Di mana

M = Jumlah momen [ton]

W = Jumlah perkalian titik berat dengan bobot benda [m.ton]

5. GM (Tinggi Metasentris)

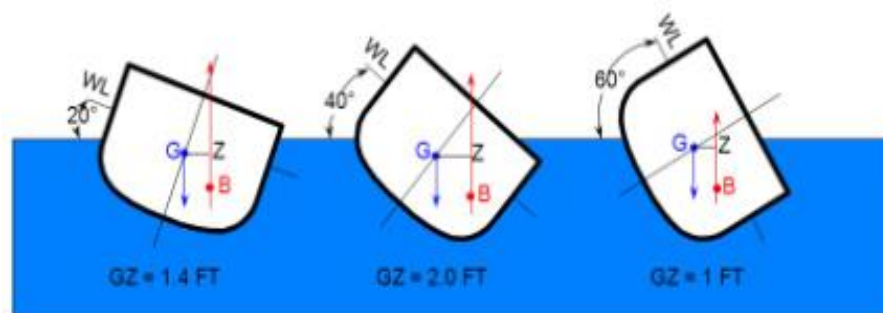
Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) yaitu jarak tegak antara titik G dan titik M (Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2003). GM dapat dicari dengan rumus:

$$GM = KM - KG \text{ dan } GM = (KB + BM) - KG \dots\dots\dots(2.35)$$

Nilai GM inilah yang menunjukkan keadaan stabilitas awal kapal atau keadaan stabilitas kapal selama pelayaran nanti.

6. Momen Penegak (*Righting Moment*) dan Lengan Penegak (*Righting Arms*)

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 sesuai dengan Gambar 2.9 (Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2003).



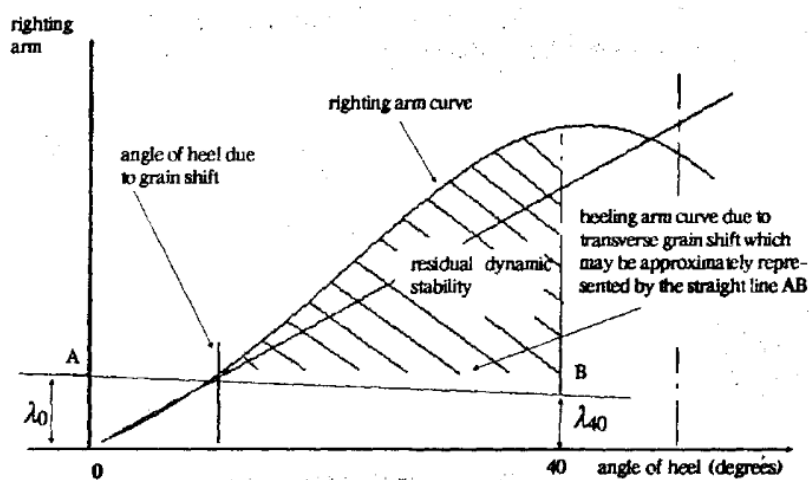
**Gambar 2.9 Lengan Penegak (*Righting Arms*)**  
(Sumber : Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan, 2003)

Pengecekan perhitungan stabilitas menggunakan kriteria berdasarkan (*International Maritime Organization* (IMO), 1993) tentang *Code on Intact Stability for All Types of Ships* dijelaskan dalam poin-poin di bawah ini.

1.  $e_{0,30^\circ} \geq 0.055$  m.rad, luas Gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055$  meter rad.
2.  $e_{0,40^\circ} \geq 0.09$  m.rad, luas Gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ \geq 0.09$  meter rad.
3.  $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$  m.rad, luas Gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$  meter.
4.  $h_{30^\circ} \geq 0.2$  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.

### 2.1.12. Stabilitas *Grain Code*

Analisa stabilitas yang merujuk pada *Grain International Code for the safe carriage of grain in bulk* – Res. MSC. 23 (59) merupakan salah satu kriteria yang menjadi batasan kapal yang memuat biji – bijian dalam jumlah besar. Pada saat kapal terisi muatan penuh maka diperlukan pengecekan stabilitas pada muatan yang mengalami pergeseran dengan cara mencari *residual area* antara *the heeling arm curve* dan *the righting arm curve* yang tidak boleh kurang dari 0.075 meter-radians. Dan untuk *angle of heel* pada saat *grain shift* tidak diizinkan bila nilainya lebih dari  $12^\circ$ . Untuk menentukan *heeling arms* terlihat seperti Gambar 2.10.



**Gambar 2.10 Kurva *Residual Area***  
(Sumber : International Grain Code)

Dimana,

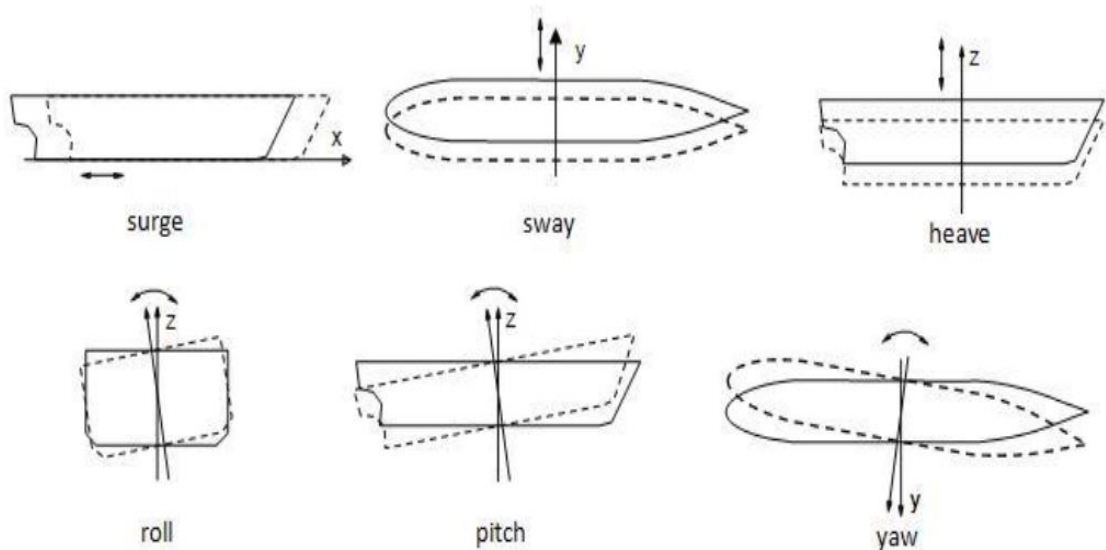
$$\Lambda_0 = \frac{\text{Assumed Volumetric heeling moment due transverse shift}}{\text{stowage factor} \times \text{displacement}} \dots\dots\dots(2.36)$$

$$\Lambda_{40} = 0.8 \times \Lambda_0 \dots\dots\dots(2.37)$$

**2.1.13. Seakeeping**

Kapal pada saat beroperasi terkadang dalam kondisi perairan tenang, namun dapat berubah menjadi keadaan perairan yang tidak tenang. Kapal akan melakukan gerakan sebagai reaksi karena kapal terpapar gelombang. Gerakan tersebut adalah yang dikenal dengan istilah *seakeeping* atau dengan kata lain gerakan yang dipengaruhi oleh gaya luar akibat kondisi perairan. Gerakan kapal yang terjadi hampir selalu beresilasi. Gerakan ini biasa diketahui sebagai *six degree of freedom* atau enam derajat kebebasan. Gerakan ini terjadi pada tiga sumbu kartesian, dimana gerakan yang terjadi meliputi gerakan translasi dan rotasi. Pada Gambar 2.11 terlihat macam – macam gerakan yang terjadi.

1. Surge : Merupakan gerakan translasi yang terjadi sepanjang sumbu X
2. Sway : Merupakan gerakan translasi yang terjadi sepanjang sumbu Y
3. Heave : Merupakan gerakan translasi yang terjadi sepanjang sumbu Z
4. Roll : Merupakan gerakan rotasi kapal memutar sumbu X
5. Pitch : Merupakan gerakan rotasi kapal memutar sumbu Z
6. Yaw : Merupakan gerakan rotasi kapal memutar sumbu Y



**Gambar 2.11 Enam Derajat Kebebasan Kapal**  
(Sumber : Tahlil, 2005)

### 2.1.14. Gelombang Laut

Pada pelayaran di laut kapal yang bergerak dipengaruhi dengan gaya luar seperti gaya gelombang, arus air, dan angin. Pengaruh tersebut dapat memprediksikan gerakan kapal tetapi hal itu sangat kompleks, karena itu diperlukan penyederhanaan dengan beberapa asumsi sehingga permasalahan dapat lebih sederhana dan dapat dicari penyelesaiannya. Untuk tugas akhir ini diasumsikan bahwa gelombang laut yang mempengaruhi gerakan kapal, dan lainnya diabaikan.

Gelombang mempunyai dua macam gelombang, seperti gelombang reguler dan irreguler. Gelombang reguler merupakan gelombang yang memiliki periode tunggal, dan gelombang ini memiliki spektrum yang tunggal. Sedangkan gelombang irreguler memiliki frekuensi dan tinggi gelombang yang berbeda. Beberapa rumus dasar gelombang harmonik antara lain (Bhattacharya, 1978) :

$$L_w = \frac{2\pi}{g} V_w^2 = \frac{2\pi g}{\omega_w^2} = \frac{g T_w^2}{2\pi} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$k = \frac{2\pi}{L_w} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$T_w = \left( \frac{2\pi L_w}{g} \right)^{1/2} \dots\dots\dots(2.40)$$

### 2.1.15. Spektrum Gelombang

Pada pola gelombang irreguler dapat dihasilkan jika sejumlah gelombang sinusoidal dengan gabungan panjang dan tinggi gelombang yang berbeda. Hasil penggabungan gelombang tidak menunjukkan pola yang pasti untuk ketinggian, panjang, atau periode gelombang (Bhattacharya, 1978).

Penggabungan beberapa gelombang sinusoidal tidak hanya menghasilkan gelombang irreguler, tetapi juga pola gelombang tidak pernah terulang dari satu waktu ke waktu yang lain. Namun, ada satu cara untuk memperhitungkan gelombang irreguler yaitu dengan menentukan total energi. Hal ini diperoleh dengan menjumlah energi dari semua gelombang reguler yang menghasilkan gelombang irreguler dengan superposisi.

Pada Tugas Akhir ini digunakan *wave spectrum* dari *International Towing Tank Conference* (ITTC). Rumus dari spektrum gelombang dapat dituliskan sebagai berikut (Bhattacharya, 1978):

$$S(\omega_w) = \frac{A}{\omega_w^5} e^{-B/\omega_w^4} \dots\dots\dots(2.41)$$



Dimana,

$$A = 8.10 \times 10^{-3} g^2$$

$$B = 3.11 \times 10^4 / H_{1/3}^2$$

$H_{1/3}$  = significant wave height

#### 2.1.16. Relative Bow Motion

Relative bow motion merupakan gerakan pada bagian haluan kapal. Perhitungan relative bow motion diperlukan untuk menghitung deck wetness. Untuk perhitungan relative bow motion di gelombang irregular akan dilakukan menggunakan metode spectral.

$$S_S = S_Z + (S_\theta \cdot X) - S_\zeta \dots\dots\dots(2.42)$$

Dimana,

$S_S$  = Spectral density untuk relative bow motion

$X$  = Jarak dari haluan ke CG

#### 2.1.17. Deck Wetness

Pada saat kapal beroperasi di cuaca yang ekstrim seperti badai, gelombang dan gerakan kapal dapat menjadi beigtut besar sehingga air dapat masuk ke dek. Permasalahan tersebut dikenal sebagai deck wetness atau green water loading. Istilah green water digunakan untuk membedakan antara semprotan (sejumlah kecil air atau busa) yang mengenai dek dan air laut yang benar – benar berada di dek.

Deck wetness dapat menyebabkan kerusakan pada perlengkapan kapal yang terdapat di forcastle dan pada kondisi yang parah dapat menyebabkan kapal terbalik. Ada beberapa cara untuk mengurangi deck wetness, yaitu menambah freeboard, mengurangi kecepatan, dan mengubah arah relatif kapal terhadap gelombang utama (Iswara,2014) mengurangi kecepatan, dan mengubah arah relatif kapal terhadap gelombang utama (Iswara,2014) mengurangi kecepatan, dan mengubah arah relatif kapal terhadap gelombang utama (Iswara,2014) mengurangi kecepatan, dan mengubah arah relatif kapal terhadap gelombang utama (Iswara,2014) mengurangi kecepatan, dan mengubah arah relatif kapal terhadap gelombang utama (Iswara,2014)

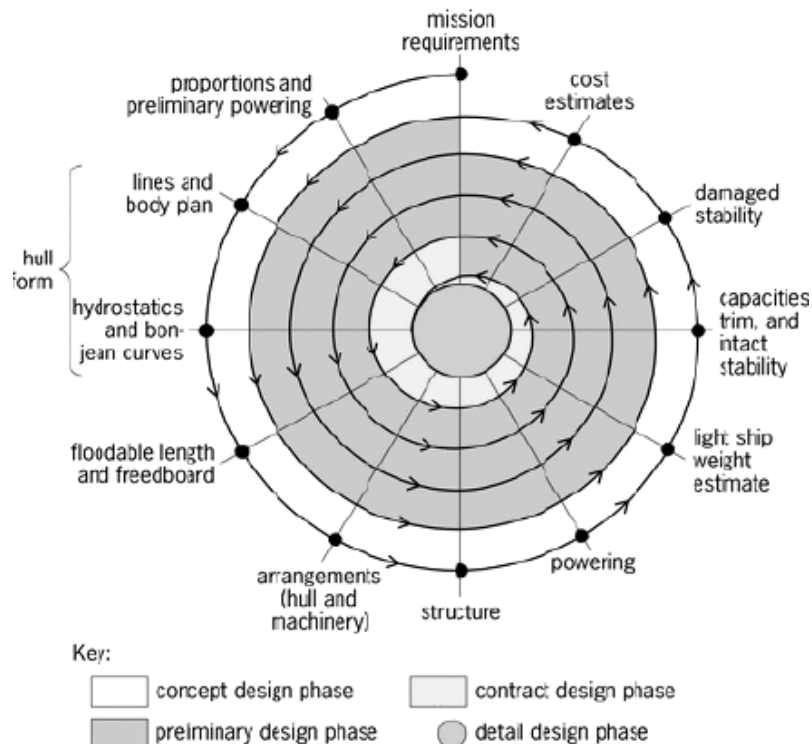
Probabilitas deck wetness atau green water dihitung dengan persamaan (Bhattacharya, 1978) :

$$P\{s \geq f'(l)\} = e^{-f'(l)^2/2m_0} \dots\dots\dots(2.43)$$

## 2.2. Tinjauan Pustaka

### 2.2.1. Tahapan Desain Kapal

Pada proses pembangunan kapal, persyaratan utama yang harus dilakukan adalah proses desain kapal. Desain merupakan tahapan yang menjadi dasar dalam mengubah permintaan pemilik kapal kedalam bentuk gambar, spesifikasi dan data lainnya untuk membangun sebuah kapal. Konsep desain spiral dari Evans menitikberatkan pada masalah desain yang saling berurutan dan peningkatan *detail* masing-masing yang kemudian membentuk spiral sampai memperoleh desain tunggal yang memenuhi semua kendala dan pertimbangan bisa tercapai (Sugianto, 2017). Proses mendesain kapal membutuhkan proses yang berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis dilakukan berulang kali agar mencapai hasil yang diinginkan ketika desain ingin dikembangkan lebih baik. Dalam desain ini digambarkan seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.10. Dalam proses spiral desain keseluruhan proses dibagi menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, dan *detail design*.



**Gambar 2.12 Ship design spiral**  
(Sumber : Sugianto, 2017)

### 1. Fase *Concept Design*

Fase *Concept Design* merupakan tahap awal dalam desain kapal. Melalui tahap ini, permintaan pemilik kapal (*Owner Requirement*) berupa jenis kapal, jenis muatan, kecepatan kapal, alur pelayaran, dan tonase kapal diterjemahkan oleh desainer kapal dalam bentuk konsep (Sugianto, 2017).

### 2. Fase *Preliminary Design*

Fase ini merupakan pengembangan dari tahap *concept design*. Dalam fase ini didapatkan gambaran utama kapal dan kecepatan layanannya, begitu juga daya motor yang diperlukan dan daftar sementara peralatan permesinan (Sugianto, 2017).

### 3. Fase *Contract Design*

Pada fase ini kontrak pembangunan kapal disusun untuk mengembangkan desain kapal dalam sifat yang lebih rinci, seperti estimasi seluruh biaya pembangunan kapal (Sugianto, 2017).

### 4. Fase *Detail Design*

Fase *detail design* merupakan pengembangan dari gambar kerja dan kebutuhan data lainnya untuk membuat kapal. Dimana seluruh keputusan perancangan seperti seleksi tipe permesinan, ukuran plat, dan hal-hal lainnya telah disepakati. Pada fase ini bisa disebut juga *final design stage* (Sugianto, 2017).

## 2.2.2. Rencana Garis (*Lines Plan*)

Rencana garis atau *lines plan* merupakan gambar yang memproyeksikan bentuk potongan badan kapal yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *half breadth plan* (dilihat dari atas), *sheer plan* (secara memanjang) (Saputera & Hasanudin, 2017).

### 1. *Body Plan*

*Body plan* menunjukkan bentuk dari *station/section* yang merupakan interseksi antara permukaan lambung kapal dengan bidang yang tegak lurus dengan bidang tegak (*buttockplane*) dan bidang garis air (*waterline*) (Sugianto, 2017).

### 2. *Half-Breadth Plan*

*Half-Breadth Plan* menunjukkan interseksi permukaan lambung kapal dengan bidang yang sejajar *baseplane* (bidang dasar) yaitu bidang horizontal yang melalui *baseline* (garis dasar) (Sugianto, 2017).

### 3. *Sheer Plan*

*Sheer Plan* menunjukkan interseksi atau perpotongan antara *surface* (permukaan) lambung kapal dengan *centerplane* (bidang tegak) yang sejajar dengan *centerplane*, Interseksi dengan bidang tengah akan menghasilkan profil haluan dan buritan. *Sheer plan* untuk kapal komersial digambar dengan meletakkan haluan pada sisi kanan (Sugianto, 2017).

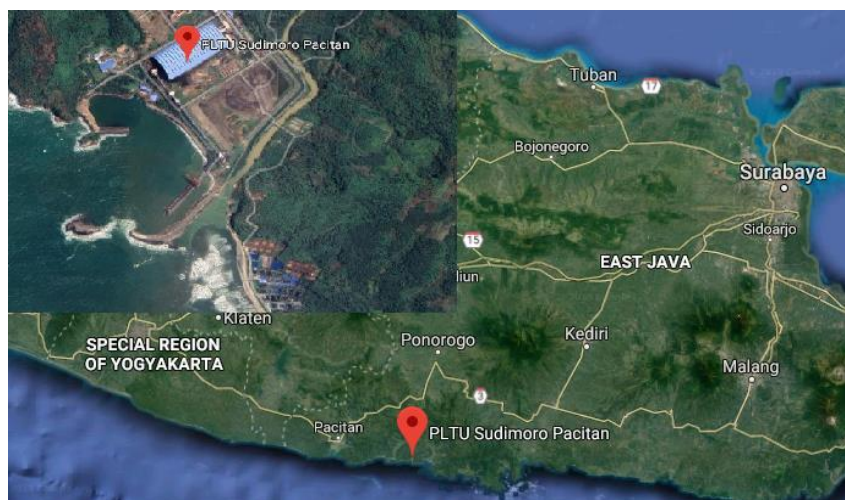
#### 2.2.3. Rencana Umum (*General Arrangement*)

*General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Ruangan-ruangan tersebut misalnya ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dan lain-lain. Rencana Umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya (Saputera and Hasanudin, 2017).

## 2.3. Tinjauan Wilayah

### 2.3.1. PLTU Pacitan

PLTU Pacitan terletak di laut selatan pulau Jawa, Desa Sukorejo, Kecamatan Sudimoro. Secara astronomis, PLTU Pacitan terletak pada  $8^{\circ}15' 38.7''$  Selatan dan  $111^{\circ}22' 28.5''$  Timur. PLTU Pacitan dapat ditempuh dengan jarak 30 km ke arah timur dari Kabupaten Pacitan, Jawa Timur. Secara geografis, PLTU Pacitan ini terletak dengan samudera hindia seperti Gambar 2.13.



**Gambar 2.13 Lokasi PLTU Pacitan**  
(Sumber : Google Maps, 2019)

PLTU ini merupakan salah satu proyek yang dicanangkan dalam program percepatan pembangunan pembangkit listrik 10 MW oleh pemerintah pada saat itu dan pada Gambar 2.14 merupakan kantor PJB UBJOM PLTU Pacitan. Energi listrik pada PLTU Pacitan disalurkan melalui Saluran Udara Tegangan Tinggi (SUTT) 150 kV sepanjang 35.65 km dari Gardu Induk di PLTU menuju Gardu induk Pacitan Baru, dan sepanjang 84.8 km menuju Gardu Induk Wonogiri (Amri, 2015)



**Gambar 2.14 Kantor PJB UBJOM PLTU Pacitan**  
(Sumber : Penulis, 2019)

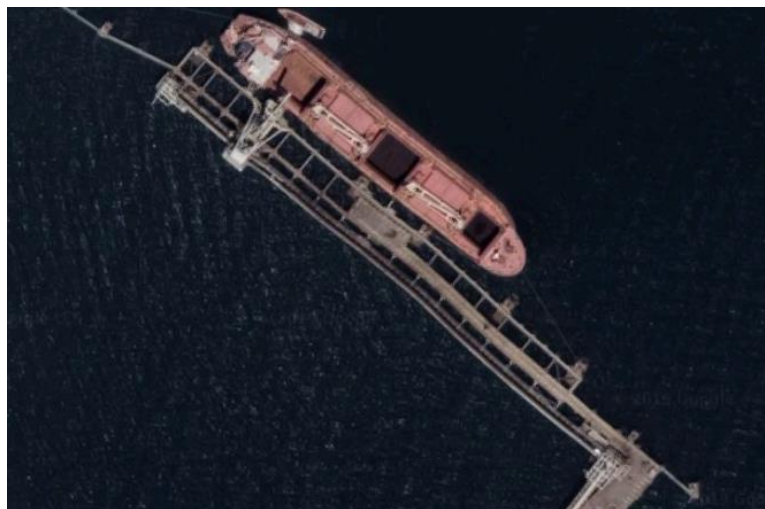
PLTU Pacitan memiliki fasilitas bongkar pada dermaga yaitu dengan menggunakan *grab ship unloader* dengan tipe *ZQX1250 bridge-type grab ship unloader with four winding drums and steel cable hauled crab* seperti Gambar 2.15. *Grab ship unloader* ini berkapasitas 19 ton untuk sekali angkut.



**Gambar 2.15 ZQX1250 Bridge-type Grab Ship Unloader**  
(Sumber : Penulis, 2019)

### 2.3.2. Terminal Batubara Pulau Laut Utara

Terminal batubara Pulau Laut Utara merupakan terminal yang dimiliki oleh PT. Arutmin Indonesia yang secara astronomis terletak pada  $03^{\circ}12' 00''$  Selatan dan  $116^{\circ}17' 00$  Timur. Terminal batubara Pulau Laut Utara memiliki stockpile batubara berkapasitas 600.000 ton. Terminal ini juga dapat melayani kapal *bulk carrier* hingga 150.000 DWT terlihat seperti Gambar 2.16. Terdapat beberapa tambang batubara yang dimiliki oleh PT. Arutmin Indonesia, yaitu Tambang Senakin, Tambang Satui, Tambang Kintap, Tambang Asam Asam, Tambang Batulicin.

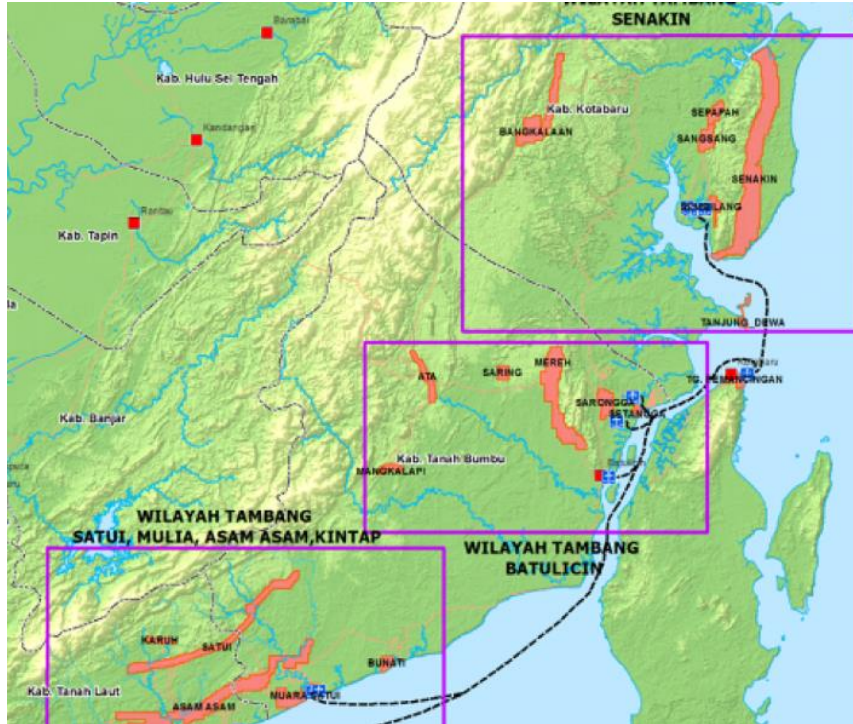


**Gambar 2.16 Terminal Batubara Pulau Laut Utara**  
(Sumber : Google Maps, 2019)

Produk yang dihasilkan dari pertambangan Senakin dan Satui diangkut menggunakan truk dan menempuh perjalanan antara 9 km hingga 20 km, setelah itu ditimbun di salah satu dari empat pelabuhan tongkang Arutmin. Batubara dari Senakin Timur dibawa ke pelabuhan tongkang Sembilang yang berjarak kira-kira 27 km sedangkan batubara Senakin Barat diangkut sejauh 15,5 km untuk ditimbun di pelabuhan tongkang Air Tawar 2. Batubara Satui dibawa ke pelabuhan tongkang Muara Satui yang berjarak kira-kira 45 km dimana disitu terdapat fasilitas mesin penghancur. Batubara yang sudah diproses lalu ditimbun lebih dahulu sebelum dimuat ke kapal tongkang.

Batubara Batulicin diangkut ke pelabuhan tongkang Muara Satui yang berjarak kira-kira 70 km dimana disitu terdapat fasilitas mesin penghancur. Batubara yang sudah diproses lalu ditimbun lebih dahulu sebelum dimuat ke kapal tongkang. Di pelabuhan kapal tongkang, batubara dimuat kedalam armada kapal tongkang Arutmin yang memiliki kapasitas 7.000 DWT atau 3.500 DWT, atau kapal tongkang beratap datar untuk transhipping atau pengiriman

langsung ke pelanggan. Dari pusat ini, batubara biasanya dikirim langsung ke pelanggan dalam negeri maupun regional, melalui Terminal Batubara Pulau Laut Utara (NPCLT), atau pusat pengalihan kapal seperti Gambar 2.17.



**Gambar 2.17 Letak Tambang PT. Arutmin**  
(Sumber : PT. Arutmin, 2019)

Berikut merupakan fasilitas di Terminal Batubara Pulau Laut tercantum dalam *port information of* "North Pulau Laut Coal Terminal" yang didapat dari PT. Tenaga Baru Nuansa Persada seperti pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Fasilitas NPLC**

No.	Uraian	Nilai	Satuan
1	Ukuran maksimum		
	Kedalaman	14	m
	Panjang	320	m
	Lebar	47	m
2	Bobot mati (DWT)	150000	ton
3	<i>Shiploader</i>		
	<i>Long travel</i>	210	m
	<i>Average loadig rate</i>	2500	ton/jam

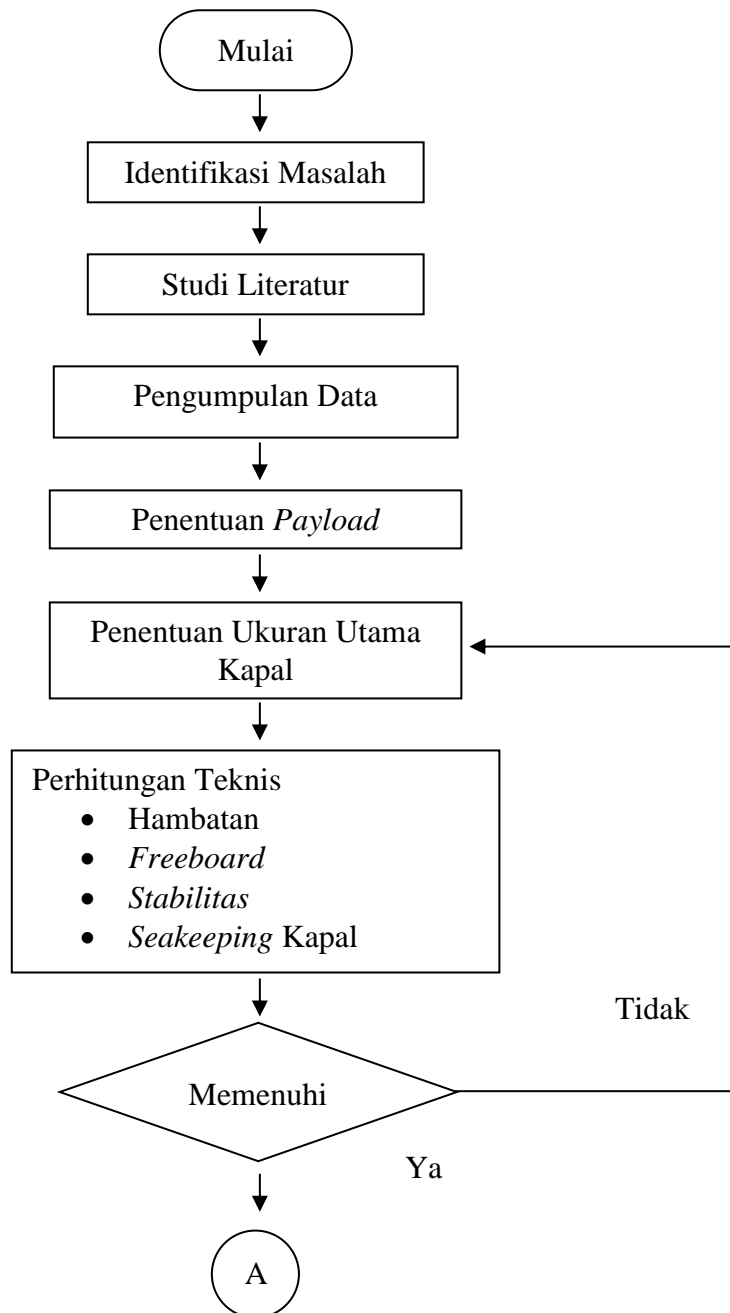
Halaman ini sengaja dikosongkan

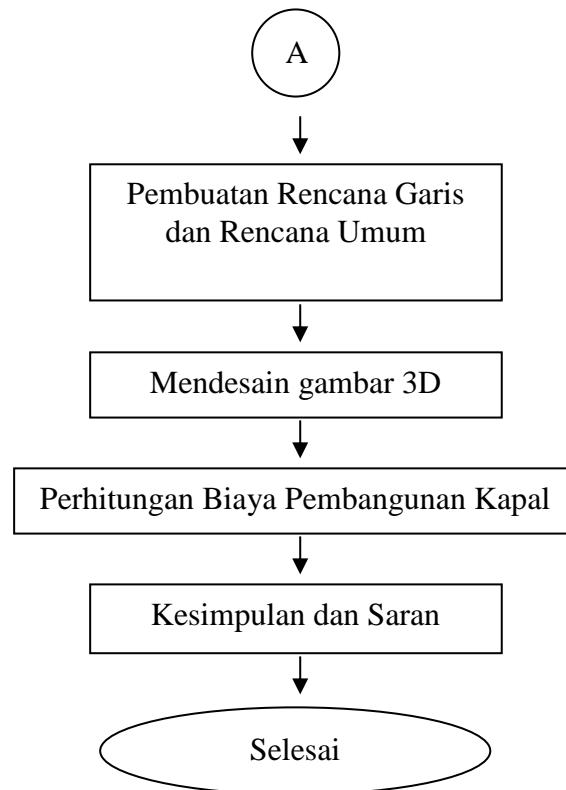


# BAB 3 METODOLOGI

## 3.1. Bagan Alir

Metode yang digunakan pada Tugas Akhir ini, dijelaskan dengan diagram alir yang ditunjukkan pada Gambar 3.1.





**Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir**

### **3.2. Tahap Pengerjaan**

Secara garis besar Tugas Akhir ini dibagi dengan beberapa tahapan pengerjaan, antara lain sebagai berikut:

#### **3.2.1. Identifikasi Masalah**

Tahap awal yang dilakukan adalah dengan mengidentifikasi dan merumuskan permasalahan dari latar belakang Tugas Akhir. Pada proses identifikasi masalah ini bertujuan untuk mengetahui permasalahan-permasalahan yang akan diselesaikan pada Tugas Akhir ini.

#### **3.2.2. Studi Literatur**

Studi literatur yang dimaksudkan adalah untuk mengumpulkan teori dan referensi yang meliputi:

1. Tinjauan Wilayah
2. Teori Desain Kapal
3. Teori *Seakeeping* Kapal

#### **3.2.3. Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini menggunakan metode pengumpulan secara langsung (primer) dan tidak langsung (sekunder). Adapun data primer yang diperlukan

yaitu kecepatan angkut batubara. Selain itu data sekunder yang diperlukan adalah sebagai berikut :

1. Fasilitas pelabuhan
2. Kebutuhan dan realisasi pasokan batubara PLTU Pacitan

#### **3.2.4. Penentuan *Payload***

Penentuan *payload* dilakukan untuk menentukan muatan yang diangkut oleh kapal. Dalam Tugas Akhir ini menggunakan data kebutuhan dan realisasi pasokan batubara sebagai acuan *payload* kapal. Yang dimaksud dengan kebutuhan merupakan perencanaan kebutuhan batubara yang telah dihitung berdasarkan beban unit pembangkit listrik tiap bulan dan realisasi merupakan pasokan batubara yang telah dipasok ke PLTU Pacitan tiap bulan.

#### **3.2.5. Penentuan Ukuran Utama Kapal**

Penentuan ukuran utama kapal dilakukan untuk menentukan ukuran utama kapal yang akan didesain. Metode yang dilakukan untuk menentukan ukuran utama yaitu dengan mengumpulkan data kapal pembanding sebanyak 20 kapal dengan rentang DWT sebesar  $\pm 20\%$  dan dilakukan analisis regresi terhadap ukuran utama kapal pembanding (Lpp,B,T,H) sesuai dengan *payload* yang akan didesain.

#### **3.2.6. Perhitungan Teknis**

Perhitungan teknis dilakukan berdasarkan studi literatur yang telah dilakukan. Perhitungan tersebut meliputi hambatan kapal, daya kapal, penentuan *main engine* dan *auxiliary engine*, berat DWT dan LWT, titik berat, *trim*, *freeboard*, dan *seakeeping*.

#### **3.2.7. Desain Lines Plan, General Arrangement, dan Pemodelan 3D**

Pada tahapan ini dilakukan proses perencanaan kapal yang terbagi menjadi 3 sebagai berikut :

1. Desain Rencana Garis

Desain rencana garis dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf*. Setelah proses desain rencana garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain rencana garis dengan meng-*ekspor* hasil proyeksi *body plan*, *half breadth plan*, dan *buttock plan* ke *software AutoCAD*.

2. Desain Rencana Umum

Setelah pembuatan desain rencana garis, dibuatlah rencana umum dari tampak depan, samping, dan belakang. Dalam rencana umum ini sudah termasuk penataan ruangan, perlengkapan, dan hal lainnya.

### 3. Pemodelan 3D

Setelah pembuatan desain rencana umum, maka dibuatlah pemodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software* Sketchup.

#### **3.2.8. Perhitungan Biaya**

Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal ini dimaksudkan untuk mengetahui estimasi biaya pembangunan kapal. Perhitungan estimasi biaya dilakukan dengan cara menghitung biaya material kapal berdasarkan harga di pasaran, keuntungan galangan, dan *overhead cost*.

#### **3.2.9. Kesimpulan dan Saran**

Tahap terakhir dalam Tugas Akhir ini adalah penarikan kesimpulan hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Kesimpulan yang diperoleh adalah menjawab dari tujuan yang ada pada Tugas Akhir ini. Kesimpulan tersebut meliputi penentuan ukuran utama kapal, merencanakan *payload* kapal, hambatan, daya mesin, berat, *freeboard*, *trim*, stabilitas, dan *seakeeping* kapal yang sesuai aturan, desain *lines plan*, *general arrangement*, dan 3D Model.

## BAB 4

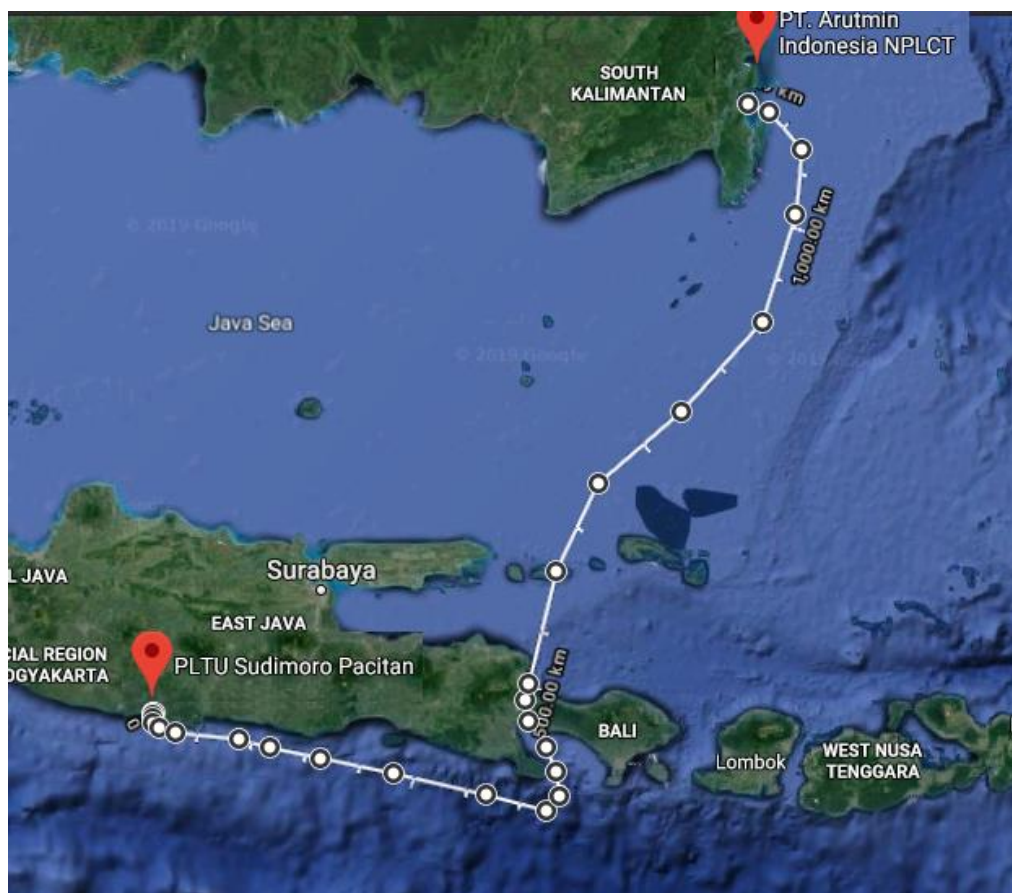
### ANALISIS TEKNIS

#### 4.1. Operational Requirement

Operational requirement kapal merupakan fase awal dan kebutuhan operasional dari kapal yang akan didesain. Operational Requirement pada Tugas Akhir ini meliputi rute pelayaran, analisis kebutuhan batubara, *payload* kapal, dan kecepatan kapal

##### 4.1.1. Penentuan Rute Pelayaran

Kapal *Bulk Carrier* dengan memuat batubara untuk Tugas Akhir ini akan direncanakan beroperasi pada PLTU Pacitan. Kapal ini akan mengangkut batubara dari Terminal Batubara Ujung Laut menuju PLTU Pacitan seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Rute Pelayaran

Kapal *Bulk Carrier* pada Tugas Akhir ini berlayar mulai dari Terminal batubara Pulau Laut menuju PLTU Pacitan yang berjarak 1182 km atau 638.22 nautical miles.

#### 4.1.2. Analisis Kebutuhan Batubara

Dalam Tugas Akhir ini menggunakan data kebutuhan dan realisasi batubara sebagai acuan *payload* kapal. Yang dimaksud dengan kebutuhan merupakan perencanaan kebutuhan batubara yang telah dihitung berdasarkan beban unit pembangkit listrik tiap bulan dan realisasi merupakan pasokan batubara yang sudah dipasok ke PLTU Pacitan tiap bulan. Didapat data mengenai kebutuhan yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 dan realisasi pasokan batubara yang ditunjukkan pada Tabel 4.2. Pada Gambar 4.2, Gambar 4.3, Gambar 4.4, dan Gambar 4.5 menunjukkan grafik kebutuhan dan realisasi dari tahun 2015 hingga 2018.

**Tabel 4.1 Kebutuhan Batubara PLTU Pacitan**

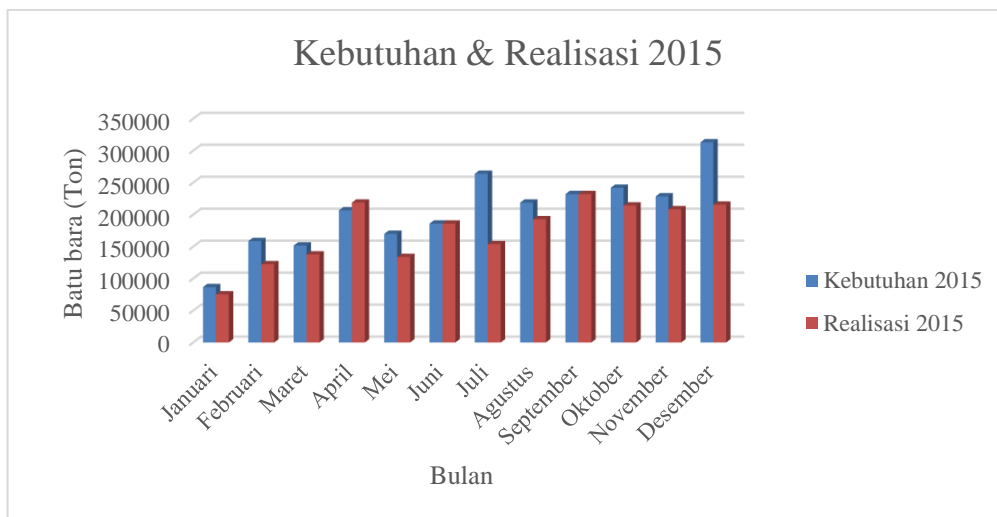
Bulan	Kebutuhan batubara (Ton)			
	2015	2016	2017	2018
Januari	86500	251998.613	198684.655	20204.012
Februari	158500	199474.689	207225.04	0
Maret	151500	0	201632.525	0
April	206500	120675.677	190500	62000
Mei	169879	104283.562	196953.851	128893.859
Juni	185897	95229.918	291937.312	220350.776
Juli	263792	184939.5	166182.238	234000
Agustus	218661.947	62843.985	205088.818	264298.387
September	231961.614	51628.757	253977.896	362866.588
Oktober	241862.328	177878.554	323839.75	385469.922
November	228425	220856.62	293466.226	327313.108
Desember	313000	191978.878	110055.524	213313.352

Sumber : Rakor Pasokan Batubara, 2018

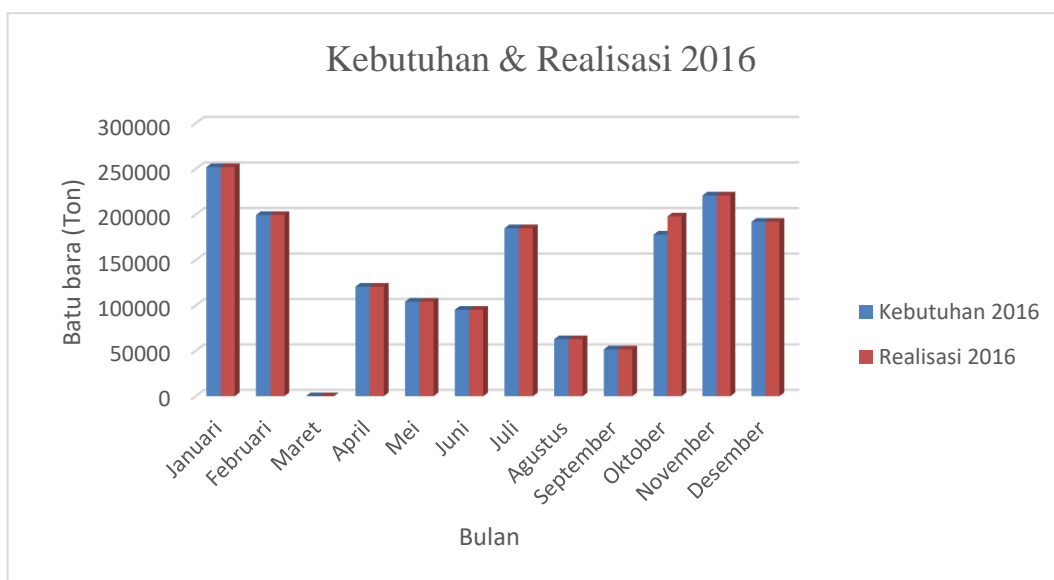
**Tabel 4.2 Realisasi batubara PLTU Pacitan**

Bulan	Realisasi batubara (Ton)			
	2015	2016	2017	2018
Januari	75128	251998.613	155657.365	16239
Februari	122299	199474.689	144583.196	0
Maret	137494.116	0	172857.873	0
April	218650.781	120675.677	166991.444	31305.453
Mei	133620	104283.562	103667.957	67197.082
Juni	185897	95229.918	196041.271	109095.268
Juli	153512.184	184939.5	106677.877	140201.803
Agustus	192673.433	62843.985	158090.847	164459.45
September	231961.614	51628.757	196702.015	254876.436
Oktober	214075.522	197878.554	246928.2	270656.814
November	208221.999	220856.62	257601.647	271544.318
Desember	215453.337	191978.878	82532.886	139273.008

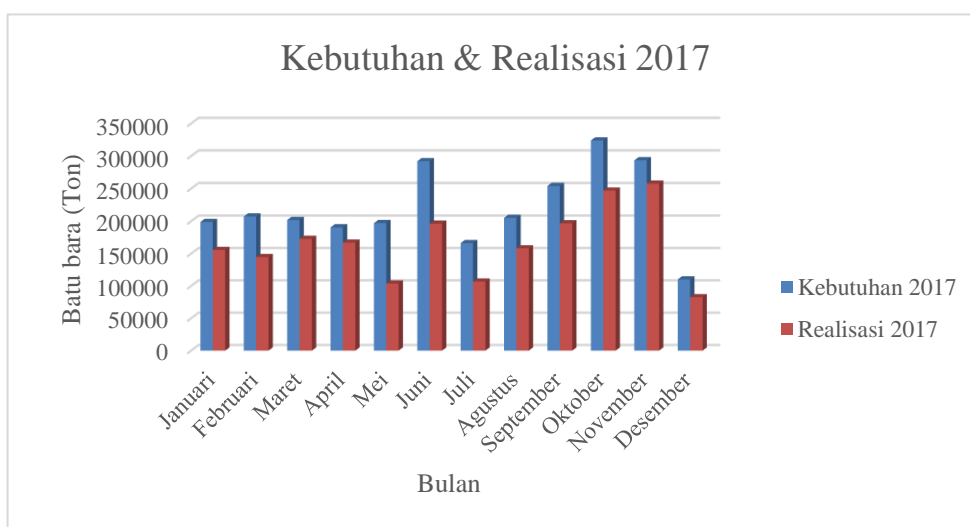
Sumber : Rakor Pasokan Batubara, 2018



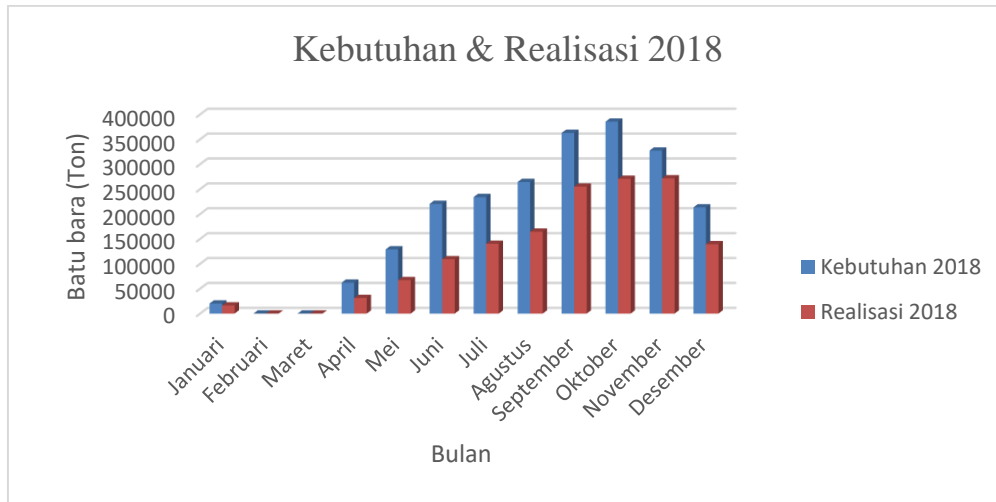
**Gambar 4.2 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2015**



**Gambar 4.3 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2016**



**Gambar 4.4 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2017**

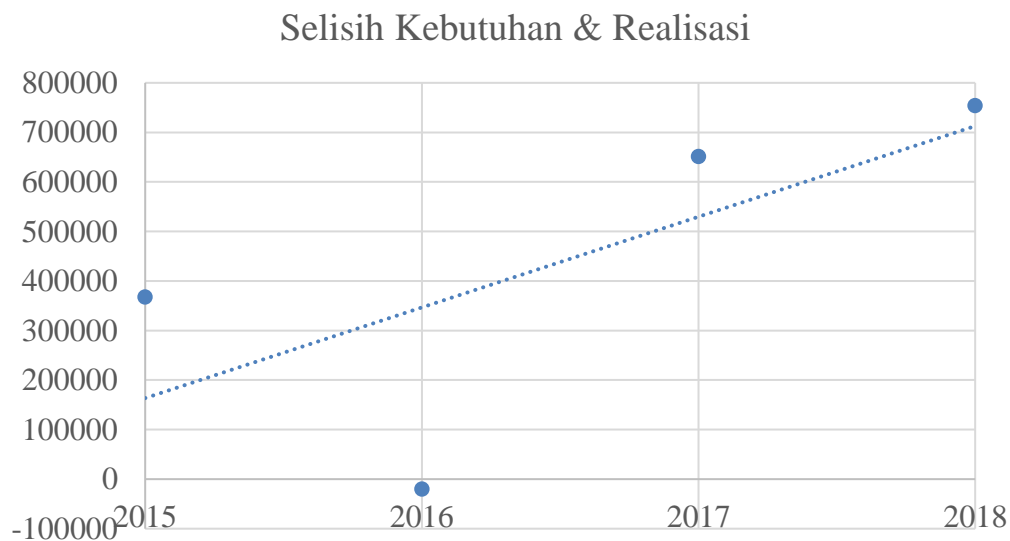


**Gambar 4.5 Grafik Kebutuhan dan Realisasi 2018**

Dilakukan pengurangan terhadap kebutuhan dengan realisasi untuk mengetahui batubara yang dipasok telah memenuhi kebutuhan atau belum, serta melihat kecenderungan yang terjadi setiap tahun untuk menjustifikasi tercukupinya atau kekurangan kebutuhan batubara yang dipasok.

**Tabel 4.3 Selisih Kebutuhan dan Realisasi Pasokan Batubara**

Tahun	2015	2016	2017	2018
Batubara (ton)	367491.903	-20000	651211.257	753861



**Gambar 4.6 Grafik selisih kebutuhan dengan realisasi**



Terlihat dari Gambar 4.6 dan Tabel 4.3 bahwa pada tahun 2016 kebutuhan batubara telah tercukupi, namun pada tahun 2017 selisih kebutuhan dan realisasi cenderung naik drastis. Terdapat kekurangan pasokan batubara pada tahun 2015, 2017 dan 2018.

#### 4.1.3. Penentuan *payload* kapal

*Payload* kapal merupakan kapasitas muatan yang diangkut oleh kapal dengan jenis muatan tertentu sesuai dengan tipe kapal yang digunakan. Kapasitas maksimum kapal dapat memasuki pelabuhan bongkar PLTU Pacitan yaitu 30.000 DWT. Penentuan *payload* kapal menggunakan pendekatan perhitungan jumlah pengiriman dengan kapasitas *payload* untuk satu tahun. Kebutuhan yang digunakan sebagai acuan penentuan *payload* adalah selisih terbesar antara kebutuhan dan realisasi yaitu pada tahun 2017 dengan kurangnya kebutuhan sebesar 753.861,372 ton.. Pada Tabel 4.4 ditunjukkan perhitungan jumlah *trip* per tahun.

**Tabel 4.4 Jumlah Pengiriman per tahun**

Pengiriman/tahun	Payload Kapal (ton)	Pengiriman/tahun	Payload Kapal (ton)
1	753861	21	35898
2	376931	22	34266
3	251287	23	32777
4	188465	24	31411
5	150772	25	30154
6	125644	26	28995
7	107694	27	27921
8	94233	28	26924
9	83762	29	25995
10	75386	30	25129
11	68533	31	24318
12	62822	32	23558
13	57989	33	22844
14	53847	34	22172
15	50257	35	21539
16	47116	36	20941
17	44345	37	20375
18	41881	38	19838
19	39677	39	19330
20	37693	40	18847

Dari tabel jumlah *trip* dengan kapasitas *payload* satu kapal, dipilih kapal dengan muatan 26.924 ton dan 28 kali *trip* yang telah diperhitungkan perencanaan waktu pengirimannya dalam setahun. Diperoleh DWT kapal yaitu 29.616 ton, yang mana hal itu sesuai dengan ukuran

maksimum DWT kapal yang dapat memasuki pelabuhan bongkar PLTU Pacitan dengan kapasitas 30.000 ton.

#### 4.1.4. Analisa Kecepatan Kapal

Dengan ketentuan rute kapal yang digunakan sebagai acuan jarak tempuh, kecepatan angkut untuk menentukan waktu yang dibutuhkan dalam kegiatan *loading* dan *unloading* lalu direncanakan jumlah trip per tahun, maka didapatkan perencanaan kecepatan operasional kapal. Kapal Bulk Carrier dapat melaju hingga kecepatan 15 knot (Lamb, 2003). Dalam Tugas Akhir ini kecepatan operasional kapal yang ditentukan yaitu 12 knot yang diharapkan mampu memenuhi kebutuhan batubara PLTU Pacitan. Data perencanaan operasi kapal dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 4.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Metode penentuan ukuran utama kapal yaitu dengan menggunakan *Parametric Design Approach* untuk memperoleh ukuran utama yang didapat dari regresi sebagai parameter dalam merancang kapal. Pencarian data kapal pembanding yang dibutuhkan dapat diperoleh dari berbagai sumber, diantaranya buku register kapal (yang diterbitkan oleh biro klasifikasi), internet, program *software* register kapal, dan lain-lain.

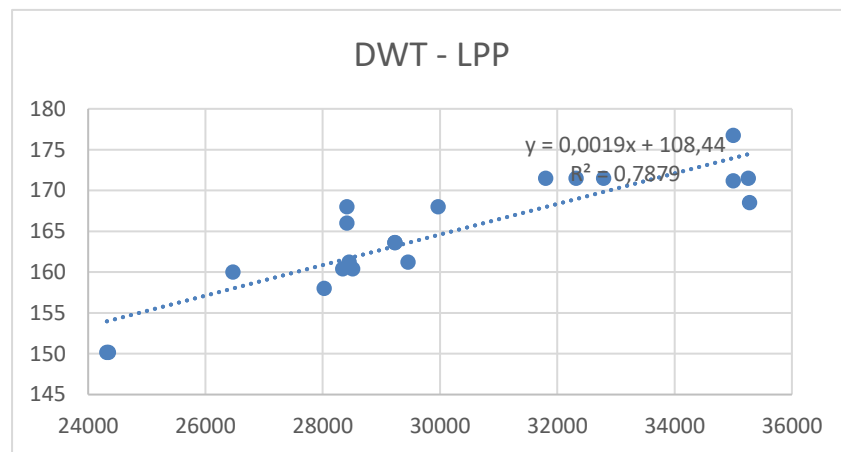
Adapun pencarian data kapal untuk Tugas Akhir ini didapat dari *website* register kapal. *Payload* yang telah ditentukan diubah ke DWT yaitu dengan dikali dengan 110% (*coefficient range* DWT). Data yang diperlukan antara lain 25-30 kapal dengan rentang DWT sebesar  $\pm 20\%$  atau dengan *range* 80% hingga 120% DWT. Didapat data kapal pembanding yang didapat dari *website class* Bureau Veritas, DNV – GL, dan CCS yang disajikan pada Tabel 4.4.

**Tabel 4.5 Data Kapal Pembanding**

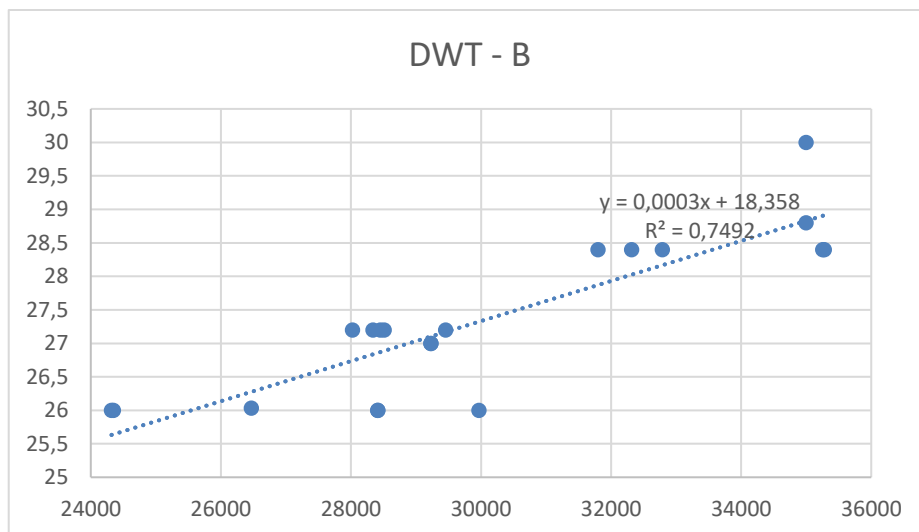
No	Nama Kapal	DWT (ton)	LPP (m)	B (m)	H (m)	T (m)	Class	Dibuat
1	BUDVA	35000	176,75	30	14,7	10,3	BV	2014
2	BLISS	35278	168,5	28,4	14,82	10,42	BV	2007
3	CHANG AN	31800	171,5	28,4	14,1	10,15	BV	2009
4	ASIA PEARL I	35256	171,5	28,4	15	10,8	BV	2010
5	AROMA 2	28509	160,4	27,2	13,6	9,82	BV	2009
6	ARAWANA	32318	171,5	28,4	14,12	10,15	BV	2012
7	AMITY	28414	166	26	14	9,9	BV	2012
8	DREAM CATCHER	29229	163,6	27	14,2	10,06	BV	2009
9	DESTINY	29229	163,6	27	14,2	10,06	BV	2010
10	FAITH	28414	168	26	14	9,9	BV	2012
11	FORTUNE HERO	35000	171,2	28,8	14,5	10,27	BV	2012

12	GAIL	29966	168	26	14	9,9	BV	2011
13	AARGAU	32790	171,5	28,4	14,1	10,15	BV	2010
14	A RACER	26467	160	26,03	13,3	9,54	BV	1996
15	ABK TRADER	28452	161,21	27,2	13,6	9,745	Class NK	1991
16	ADVENTURER K	28024	158	27,2	13,6	9,76	Class NK	1989
17	ANA OCEAN	24318	150,18	26	13,5	9,73	BV	1995
18	GRAND ASANO	24345	150,18	26	13,5	9,73	BV	1995
19	GANT FLAIR	28339	160,4	27,2	13,6	9,82	BV	2010
20	INFINITY K	29455	161,21	27,2	13,6	9,77	BV	2008

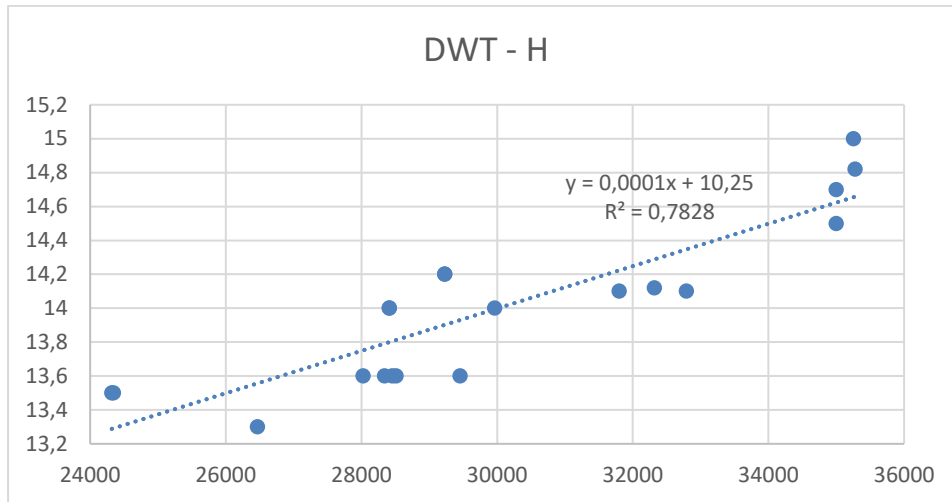
Kemudian dari data-data kapal pembanding tersebut dihasilkan grafik dengan absis (DWT) dan ordinat ukuran utama kapal, misal : Grafik DWT - H. Pada Gambar 4.7, Gambar 4.8, Gambar 4.9, Gambar 4.10 terdapat hasil yang didapat dari regresi.



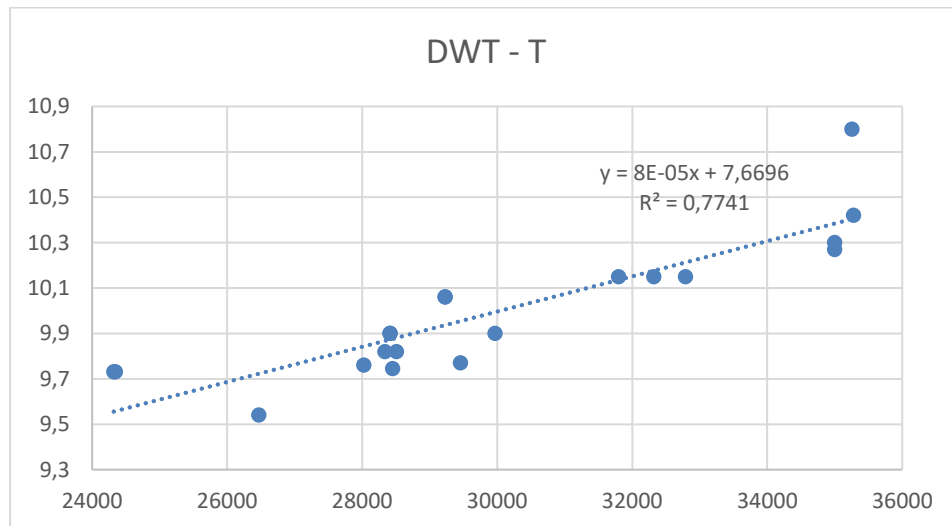
Gambar 4.7 Hubungan DWT dan H



Gambar 4.8 Hubungan DWT dan B



**Gambar 4.9 Hubungan DWT dan H**



**Gambar 4.10 Hubungan DWT dan T**

Langkah selanjutnya yaitu memperhatikan harga  $R^2$  yang mana harus mendekati 1 dan minimal 0,5 untuk mendapatkan nilai korelasi yang cukup. Pada persamaan regresi dapat dipilih tipe regresi *linear*, karena antara DWT dan ukuran utama kapal berbanding lurus. Adapun untuk mendapatkan harga  $R^2$  yang besar bisa dilakukan dengan mengeliminasi data kapal yang dapat menyebabkan harga  $R^2$  rendah dan kemudian mengganti dengan data kapal lain sehingga mendapatkan harga  $R^2$  yang besar. Didapat rumus yang digunakan untuk menentukan ukuran utama awal  $L_0$ ,  $B_0$ ,  $T_0$  dan  $H_0$  sebagai berikut :

a.  $L_{pp} = 0.0019x + 108,44$   
 $= 0.0019 (29616) + 108,44$

$L_{pp}$  diperoleh = 162.7 m

b.  $B = 0,0003x + 18,358$

$$= 0,0003 (29616) + 18,358$$

$$B \text{ diperoleh} = 25 \text{ m}$$

$$c. H = 0,0001x + 10,25$$

$$= 0,0001 (29616) + 10,25$$

$$H \text{ diperoleh} = 14.2 \text{ m}$$

$$d. T = 0,00008x + 7,6696$$

$$= 0,00008 (29616) + 7,6696$$

$$T \text{ diperoleh} = 10 \text{ m}$$

Sarat diperoleh melalui kedalaman kolam pelabuhan yang telah ditentukan. Pada terminal *North Pulau Laut Coal* memiliki kedalaman hingga 14 m sedangkan pada terminal PLTU Pacitan memiliki kedalaman hingga 12.5 m. Sehingga sarat yang digunakan tidak boleh melebihi 12.5 m dan sarat kapal yang digunakan sebesar 10 m.

Ukuran utama yang diperoleh lalu disesuaikan dengan rasio ukuran kapal untuk *Bulk Carrier* sebagai berikut.

**Tabel 4.6 Pemeriksaan rasio ukuran utama kapal**

Main Dimensions Ratio				
Perbandingan	Nilai	Acuan	Batas	Keterangan
L/B =	6.51	PNA Vol 2. Pg. 90	$5.1 \leq L/B \leq 7.1$	Memenuhi
B/T =	2.49	PNA Vol 2. Pg. 90	$2.4 \leq B/T \leq 3.2$	Memenuhi
L/T =	16.21	PNA Vol 1. Pg. 19	$10 < L/T < 30$	Memenuhi
L/H	11.46	BKI Vol. 2 Sect. 1	$L/H < 16$	Memenuhi
B/H	1.76	Parametric Ship Design Pg. 8	$1.65 \leq B/H \leq 1.88$	Memenuhi

Dari pengecekan batasan perbandingan ukuran utama pada Tabel 4.6 dapat diketahui bahwa ukuran utama kapal telah memenuhi persyaratan batasan karena masih dalam *range* yang ditentukan.

Sehingga didapatkan hasil ukuran utama kapal akhir sebagai berikut.

$$L_{pp} = 162.7 \text{ m}$$

$$B = 25 \text{ m}$$

$$T = 10 \text{ m}$$

$$H = 14.2 \text{ m}$$

### 4.3. Perhitungan Koefisien Kapal

Setelah menentukan ukuran utama kapal dan desain *lines plan*, langkah selanjutnya yaitu melakukan perhitungan awal. Perhitungan awal terdiri dari perhitungan *froude number*, perhitungan koefisien bentuk badan kapal ( $C_b$ ,  $C_m$ ,  $C_p$ , dan perhitungan *displacement* dan *volume displacement*).

#### 4.3.1. Perhitungan *Froude Number*

*Froude Number* adalah perbandingan antara kecepatan kapal dengan panjang kapal. *Froude Number* dapat dihitung dengan formula sebagai berikut.

$$V_s = 12 \text{ knot} = 6.173 \text{ m/s}$$

$$Fn = \frac{6.173}{\sqrt{9.81 \times 169.2}}$$

$$Fn = 0.151$$

#### 4.3.2. Perhitungan Koefisien Bentuk Kapal

Koefisien bentuk kapal ditentukan setelah proses penentuan ukuran utama. Koefisien yang ditentukan meliputi koefisien blok ( $C_B$ ), koefisien prismatic ( $C_P$ ), koefisien midship ( $C_M$ ), dan koefisien waterplan ( $C_{WP}$ ). Pada sub bab ini juga dihitung nilai LCB, displacement, dan volume displacement untuk mengetahui karakteristik kapal. Hasil dari koefisien bentuk badan kapal, LCB, dan displacement sebagai berikut.

a. *Block Coefficient*

$$C_B = -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3$$

$$C_B = 0.89$$

b. *Midship Section Coefficient (Series 60')*

$$C_M = 0.977 + 0.085(C_B - 0.6)$$

$$C_M = 0.99$$

c. *Waterplan Coefficient*

$$C_{WP} = C_B / (0.471 + 0.551 C_B)$$

$$C_{WP} = 0.899$$

d. *Prismatic Coefficient*

$$C_P = C_B / C_M$$

$$C_P = 0.841$$

e. *Longitudinal Center of Buoyancy (LCB)*

$$LCB = 8.80 - 38.9 F_n$$

$$LCB = 2.906 \% L_{WL}$$

$$LCB = 86.197 \text{ m}$$

f. Volume dan Berat Displasemen

$$\begin{aligned} \text{Volume} &= L \times B \times T \times C_B & \Delta &= L \times B \times T \times C_B \times \gamma \\ &= 35114.77 \text{ m}^3 & \Delta &= 35992.64 \text{ ton} \end{aligned}$$

#### 4.4. Perhitungan Hambatan dan Propulsi

Setelah koefisien kapal didapatkan, lalu dilakukan perhitungan hambatan total kapal. Selanjutnya setelah mendapatkan hambatan total kapal lalu dilakukan perhitungan kebutuhan daya penggerak kapal.

##### 4.4.1. Perhitungan Hambatan Kapal

Metode perhitungan hambatan untuk tugas akhir ini menggunakan metode Holtrop. Pada metode Holtrop nilai dari hambatan total kapal terdiri dari hambatan kekentalan (*viscous resistance*), hambatan bentuk (*resistance of appendages*), dan hambatan gelombang (*wave making resistance*). Dengan menggunakan metode Holtrop tersebut maka didapat hasil sebagai berikut.

a. Hambatan Kekentalan (*viscous resistance*)

Nilai untuk hambatan kekentalan yang digunakan pada perhitungan hambatan total Holtrop bergantung terhadap nilai dari  $C_F$ . Berdasarkan formula 2.10 maka didapatkan nilai  $C_F$  adalah 0.001555.

b. Hambatan Bentuk (*Resistance of Appendage*)

Hambatan bentuk dalam proses perhitungan hambatan Holtrop direpresentasikan sebagai nilai *form factor* ( $1 + k$ ). Berdasarkan formula 2.11 didapatkan nilai ( $1+k$ ) adalah 1.334.

c. Hambatan Gelombang (*Wave Making Resistance*)

Hambatan gelombang dalam proses perhitungan hambatan dengan metode Holtrop dipresentasikan sebagai nilai  $R_w/W$ . Nilai dari hambatan gelombang  $R_w/W$  berdasarkan formula 2.13 adalah 0.0001147.

d. Hambatan Total

Setelah mendapatkan seluruh nilai yang menjadi faktor dalam perhitungan hambatan total Holtrop maka nilai dari hambatan total dapat didapatkan. Nilai hambatan total pada kapal *Bulk Carrier* adalah 366906.1 N atau 366.90 kN.

#### 4.4.2. Perhitungan Propulsi Kapal

Setelah mendapatkan nilai hambatan total, tahap selanjutnya adalah melakukan perhitungan kebutuhan daya penggerak kapal. Dalam perhitungan daya penggerak kapal terdapat beberapa komponen yaitu, EHP, DHP, SHP, dan BHP. Nilai setiap masing masing komponen dapat dihitung berdasarkan formula pada bab II.1.6. Dalam setiap komponen daya kapal, terhadap nilai efisiensi yang digunakan. Besar nilai efisiensi yang digunakan berdasarkan (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998). Besarnya kebutuhan daya penggerak kapal harus mampu untuk melawan besarnya hambatan sesuai dengan kecepatan yang diharapkan. Hasil perhitungan besar daya kapal dan nilai efisiensi yang digunakan adalah sebagai berikut.

- *Effective Horse Power* (EHP)

*Effective horse power* merupakan daya yang dibutuhkan untuk mendorong kapal yang memiliki tahanan total. Perhitungan EHP diperoleh dengan persamaan 2.14 dan hasilnya adalah 2264.839 kW atau 3,079.274 HP

- *Delivery Horse Power* (DHP)

*Delivery horse power* adalah daya yang diberikan kepada baling-baling pada kecepatan dinas yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada hambatan daya yang dialirkan dari poros ke baling-baling. DHP diperoleh dengan rumus II.7 dan nilai  $\eta_D$  bernilai 0.588, sehingga didapatkan nilai DHP yaitu 3,541.623 kW.

- *Shaft Horse Power* (SHP)

*Shaft horse power* adalah daya yang diberikan kepada baling-baling melalui porosnya pada kecepatan operasi yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada *shafting arrangement* (*bearing* dan *stern tube*). SHP diperoleh dengan rumus II.8 dan nilai  $\eta_{SHB}$  bernilai 0.98, sehingga didapatkan nilai SHP yaitu 3,613.901 kW.



- *Break Horse Power (BHP)*

*Break horse power* adalah daya yang diberikan kepada baling-baling melalui porosnya pada kecepatan dinas yang besarnya telah dikurangi oleh kerugian pada efisiensi transmisi. BHP diperoleh dengan rumus II.9 dan nilai  $\eta_G$  adalah 0.97, sehingga didapatkan nilai BHP yaitu 4,578.69 kW.

- *Brake Horse Power Maximum Continuous Rating (BHPMCR)*

Setelah mendapatkan besar daya penggerak kapal yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal sesuai dengan kecepatannya, maka tahap terakhir adalah menghitung kebutuhan BHP *maximum continuous rating*. BHPMCR adalah kebutuhan daya mesin penggerak utama kapal (BHP) yang telah diberikan penambahan dari *voyage margin*, *power design margin*, dan *power service margin*. Besar engine margin adalah sebesar 15%. Sehingga dari kalkulasi didapatkan nilai BHPMCR sebesar 4,578.699 kW atau 6225.199 HP. Nilai MCR digunakan sebagai acuan dalam pemilihan mesin yang akan digunakan.

Pemilihan mesin dilakukan mengacu terhadap nilai MCR yang sudah didapatkan. Dalam pemilihan mesin, besar daya mesin harus lebih besar dibandingkan dengan nilai MCR. Pada desain kapal *bulk carrier* mesin induk kapal yang direncanakan berjumlah satu unit mesin. Sedangkan untuk jumlah mesin generator kapal direncanakan berjumlah tiga unit. Mesin yang digunakan adalah MAN L35/44DF dengan besar daya 4770 kW atau 6396.66 HP. Rincian spesifikasi mesin disajikan pada Tabel 4.7. Data lengkap mesin dapat dilihat pada Lampiran C.

**Tabel 4.7 Spesifikasi Mesin**

<b>Main engine specifications</b>	
Engine type =	MAN L35/44DF
MCR =	4770 kW
MCR =	6396,67 HP
Speed =	750 r/min
Cylinder. number	9
=	
Bore =	350 mm
Stroke =	440 mm
Specific Fuel Oil Consumption	
SFOC =	182 g/kWh
Specific Lube Oil Consumption	
SLOC =	0,5 g/kWh

Dimensions	
Length =	8075 mm
Width =	2678 mm
Height =	4369 mm
Dry mass =	57,4 ton

Untuk pemilihan mesin generator kapal, daya minimal yang dijadikan sebagai acuan adalah sebesar 24% dari daya yang digunakan untuk mesin penggerak utamanya. Daya minimal yang dibutuhkan untuk mesin generator adalah 1098.88 kW atau 1494.047 HP. Berdasarkan kebutuhan daya minimal yang telah dihitung, maka generator yang dipilih adalah Wartsila AUXPAC 1040W6L20/60 dengan besar daya 1095 kW. Spesifikasi dari mesin generator yang digunakan disajikan pada Tabel 4.8.

**Tabel 4.8 Spesifikasi Generator**

Generator specifications	
Genset type =	AUXPAC 1040W6L20/60 Hz
Engine output =	1095 kW
Diesel eff. =	95%
Diesel output =	1040,25 kWe
Diesel output =	1368,75 kVA
Fuel Oil Consumption	
FOC =	194,4 g/kWh
Lube Oil Consumption	
LOC =	0,5 g/kWh
Dimensions	
Length =	6144 mm
Width =	1920 mm
Height =	2462 mm
Dry mass =	21,051 ton

#### 4.5. Perhitungan Berat Kapal

Perhitungan berat kapal dibagi menjadi dua komponen yaitu, berat *Light Weight Tonnage* (LWT) dan *Dead Weight Tonnage* (DWT). Dimana perhitungan LWT terdiri dari beberapa komponen seperti berat baja kapal, berat peralatan dan berat permesinan. Sedangkan perhitungan DWT terdiri dari payload, berat, kebutuhan air tawar, berat provision, berat orang dan bawaan. Pada sub bab ini akan menghitung nilai LWT dan DWT dengan setiap komponen di dalamnya. Jumlah dari LWT dan DWT merupakan berat dari kapal.

#### 4.5.1. Perhitungan DWT Kapal

Perhitungan DWT Kapal merupakan bobot mati kapal dari beberapa komponen, yaitu *payload*, *consumable*, dan berat kru kapal. Hasil perhitungan DWT kapal *Bulk Carrier* adalah sebagai berikut.

a. *Payload*

*Payload* merupakan kapasitas muatan yang akan diangkut oleh kapal pada saat beroperasi. *Payload* yang direncanakan pada perencanaan kapal *bulk carrier* ini adalah 26924 ton.

b. *Consumable*

Perhitungan berat *consumable* terdiri dari beberapa komponen yang meliputi *main engine fuel oil*, *generator fuel oil*, *main engine lubricating oil*, *generator lubricating oil*, *fresh water*, dan *provisions*. Perhitungan kebutuhan bahan bakar dan pelumas dilakukan berdasarkan lama pelayaran dan konsumsi bahan bakar dari mesin penggerak utama dan mesin generator yang digunakan. Total berat *consumable* adalah sebesar 118.19 ton.

c. *Crew Kapal*

Jumlah kru minimal kapal niaga berdasarkan keputusan menteri perhubungan KM 70 tahun 1998 adalah 12 orang. Pada kapal *bulk carrier*, perencanaan total kru kapal berjumlah 28 orang. Jumlah berat kru ditambahkan berat bawaan berdasarkan Ship Design and Construction Ch.11 (Thomas Lamb, 2003) dikalikan koefisien berat WC&E sebesar 0.17 ton/orang. Sehingga berat dari kru kapal adalah 4.76 ton.

#### 4.5.2. Perhitungan LWT Kapal

Pada perhitungan LWT kapal terdiri dari beberapa komponen, yaitu berat baja, berat peralatan, dan berat permesinan. Nilai dari masing – masing komponen LWT kapal adalah sebagai berikut.

a. Berat baja kapal

Perhitungan berat baja kapal terdiri dari berat baja pada lambung kapal dan berat baja pada bangunan atas kapal. Berat baja didapatkan menggunakan rumus 2.17 adalah 7216.718 ton.

b. Berat peralatan kapal

Komponen berat peralatan kapal dibagi menjadi tiga komponen yaitu penutup palkah, peralatan pada dek akomodasi, dan berat lain lain. Berdasarkan perhitungan pada *Ship Design for Efficiency and Economy* maka didapatkan berat dari peralatan adalah 1016.875 ton.

c. Berat permesinan kapal

Komponen dalam berat permesinan meliputi berat mesin, gearbox, shaft, propeller, berat generator, dan berat lain lainnya selain yang disebutkan sebelumnya. Total berat permesinan kapal pada kapal *bulk carrier* ini adalah 438.704 ton.

### 4.5.3. Total Berat Kapal

Setelah mendapatkan berat dari LWT dan DWT maka total berat kapal adalah 35450 ton dengan rincian pada Tabel 4.9.

**Tabel 4.9 Rekapitulasi Berat Kapal**

No	Komponen	Nilai	Unit
1	<i>Lightweight Tonnage</i>	8408.198	ton
*	<i>Steel Weight</i>	7216.718	ton
*	<i>Equipment &amp; Outfitting Weight</i>	1016.875	ton
*	<i>Machinery Weight</i>	438.704	ton
2	<i>Deadweight Tonnage</i>	27041.812	ton
*	<i>Payload</i>	26924.000	ton
*	<i>Consumable Weight</i>	118.19	ton
*	<i>Crew</i>	4.76	ton
Total Weight		35450.00	ton

### 4.6. Perhitungan Titik Berat Kapal

Setelah berat masing – masing komponen LWT dan DWT didapatkan pada sub bab sebelumnya, maka selanjutnya dilakukan perhitungan titik berat dari masing – masing komponen LWT dan DWT ditunjukkan pada Tabel 4.10.

**Tabel 4.10 Total Berat Kapal dan Titik Berat Kapal**

<u>Light Weight Tonnes (LWT)</u>			
• Steel Weight			
	$W_{ST} =$	7216,718	ton
	VCG =	6,989	m
	LCG from AP=	83,356	m
• Equipment & Outfitting Weight			

$W_{E\&O}$	=	752,776	ton
$VCG_{E\&O}$	=	15,907	m
LCG from AP=		41,774	m
• Machinery Weight			
$W_M$	=	438,704	ton
VCG	=	5,945	m
LCG from AP=		9,514	m
LWT total =		8408,198	ton
LCG Total from AP=		75,337	
<u>Dead Weight Tonnes (DWT)</u>			
• Consumable Weight			
$W_{consum}$	=	118,192	ton
VCG	=	2,143	m
LCG from AP=		3,745	m
• Payload			
$W_{payload}$	=	26924	ton
VCG	=	$(H-H_{db}) \cdot 0,5 + H_{db}$	
VCG	=	7.850	m
LCG from AP=		88.850	m
DWT total =		27041.812	ton
<u>Total Weight</u>			
LWT + DWT =		35450.010	ton
Total VCG =		7.80	m
Total LCG (from AP) =		85.4663	m

#### 4.7. Perhitungan Tonase Kapal

Setelah mendapatkan titik berat pada masing – masing komponen LWT dan DWT, sub bab selanjutnya yaitu perhitungan tonase kapal meliputi *Gross Tonnage* (GT) dan *Net Tonnage* (NT). Tonase kapal merupakan volume seluruh ruangan yang berada pada bawah geladak kapal dan volume ruangan tertutup yang berada pada atas geladak kapal. Perhitungan GT dan NT dilakukan berdasarkan standar yang terdapat pada *International Convention on Tonnage Measurement of Ships*. Perhitungan tonase kapal *bulk carrier* mendapatkan nilai GT sebesar 15640.76 ton dan nilai NT sebesar 6342.761 ton, dan rincian perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.11.

**Tabel 4.11 Perhitungan Tonase Kapal**

<u>Gross Tonnage</u>	
$V_U =$	<i>Volume of under the weather deck</i>
$=$	49247,28 m <sup>3</sup>
$V_H =$	<i>Volume of closed space on the weather deck</i>
$=$	3861,65 m <sup>3</sup>
$V =$	53108,93 m <sup>3</sup>
$K_1 =$	$0.2 + 0.02 \text{ Log}_{10}(V)$
$=$	0,29
$GT =$	15640,76 ton
<u>Net Tonnage</u>	
$V_C =$	24749,921 m <sup>3</sup>
$K_2 =$	$0.2 + 0.02 \text{ Log}_{10}(V_C)$
$=$	0,288
$K_3 =$	$1.25 [(GT+10000)/10000]$
$=$	3,205
$a =$	$K_2 * V_C * (4d/3D)^2$
$=$	6330,582
$a \geq 0.25GT =$	Memenuhi 0.25 GT = 3910,19
$NT =$	$a + K_3 * (N_1 + N_2 / 10)$
$=$	6342,761 ton
$NT \geq$	Memenuhi
$0.30GT =$	0.30 GT = 4692,23

#### 4.8. Perhitungan *Freeboard*

Pada kapal terdapat lambung timbul atau *freeboard* yang merupakan daya apung cadangan kapal. Adanya lambung timbul pada kapal berdampak terhadap keselamatan, kru, dan muatan pada kapal. Perhitungan lambung timbul dilakukan berdasarkan aturan dan standar pada International Convention on Load Lines 1966 and Protocol of 1988. Kapal *bulk carrier* pada perhitungan lambung timbul termasuk kategori kapal tipe B. Hasil perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan mendapatkan nilai 3.28 m. Rincian perhitungan lambung timbul adalah sebagai berikut.

##### 1. *Freeboard Standard*

**Tabel 4.12 Standar *Freeboard* tipe 'B'**

Length (m)	Freeboard (mm)
------------	----------------

162	2560
163	2580

Berdasarkan panjang kapal *bulk carrier* 162.70 m tinggi lambung timbul minimal dilakukan interpolasi dengan Tabel 4.12 berdasarkan tinggi lambung timbul standar yang terdapat pada regulasi ICLL 1966. Hasil interpolasi didapatkan tinggi lambung timbul sebesar 2574.00 mm.

## 2. Koreksi $C_B$

Terdapat koreksi koefisien blok ( $C_B$ ) untuk nilai  $C_B$  lebih dari 0.68. Koreksi dilakukan dengan perhitungan sebagai berikut.

$$\text{Faktor} = (C_B + 0.68)/1.36$$

$$\text{Faktor} = 1.114$$

$$FB_2 = FB_1 \times \text{Faktor koreksi } C_B$$

$$FB_2 = 2867.688 \quad \text{mm}$$

## 3. Koreksi Tinggi

Terdapat koreksi tinggi ketika nilai  $D > L/15$ . Koreksi yang dilakukan adalah sebagai berikut.

$$D = 14.2 \quad \text{m}$$

$$L = 162.7 \quad \text{m}$$

$$L/15 = 10.8 \quad \text{m}$$

$$\text{Maka } D > L/15$$

$$FB_3 = FB_2 + \text{Faktor}$$

$$\text{Faktor} = R(D-L/15)$$

$$R = 250 \quad (L > 120 \text{ m})$$

$$\text{Faktor} = 250 (14.2-10.8)$$

$$\text{Faktor} = 838.33 \quad \text{mm}$$

$$FB_3 = 3706.02 \quad \text{mm}$$

## 4. Koreksi Bangunan Atas

Koreksi ini dilakukan dengan perhitungan sebagai yang ditunjukkan pada Tabel 4.13.

**Tabel 4.13 Koreksi *freeboard* bangunan atas**

Forecastle	Poop
------------	------

$l_{FC} = 14.00 \text{ m}$	$l_{poop} = 33.00 \text{ m}$
$hs_{FC} = 2.30 \text{ m}$	$hs_{poop} = 2,30 \text{ m}$
$h_{FC} = 2.50 \text{ m}$	$h_{poop} = 2,5 \text{ m}$
$ls_{FC} = 14,00 \text{ m}$	$ls_{poop} = 33,00 \text{ m}$

Panjang efektif *superstructure*

$$E = L_{Sforcastle} + L_{Spoop}$$

$$E = 47 \text{ m}$$

$$E_{[x,L]} = 0.289 \text{ L}$$

$$FB_4 = 3187 \text{ mm}$$

## 5. Koreksi *Sheer*

Koreksi *sheer* dilakukan dengan perhitungan ditunjukkan pada Tabel 4.14.

**Tabel 4.14 Koreksi *Sheer***

Station	Ordinate	Factor	Ordinate*Factor
AP	1605,83	1	1605,833
1/6 L dari AP	712,99	3	2138,970
1/3 L dari AP	179,85	3	539,560
Amidships	0,00	1	0
1/3 L dari FP	359,71	3	1079,120
1/6 L dari FP	1425,98	3	4277,940
FP	3211,67	1	3211,667

$$TAP = (\text{Ordinate factor} - \text{actual profile}) / 8$$

$$= 535.55$$

$$TFP = (\text{Ordinate FP} * \text{factor} - \text{actual profile}) / 8$$

$$= 1071.09$$

$$FB_5 = \text{Mean} * (0.75 * S / 2L)$$

$$= 87.022$$

$$FB' = FB_4 + FB_5$$

$$FB' = 3274.2 \text{ mm}$$

## 6. Total *freeboard*

Berdasarkan koreksi yang telah dilakukan maka didapatkan nilai total *freeboard* adalah 3274.2 mm



#### 7. *Minimum Bow Height*

$$\begin{aligned} B_{WM} &= 5516.94 \quad \text{mm} \\ &= 5.51 \quad \text{m} \end{aligned}$$

$$F_{ba} + S_f + h_{FC} > B_{WM}$$

$$F_{ba} + S_f + h_{FC} = 9.87 \quad \text{m}$$

Maka kondisi *minimum bow height* terpenuhi.

#### 8. Batasan *freeboard*

*Freeboard* kapal dapat dinyatakan memenuhi persyaratan apabila *actual freeboard* lebih besar dari *freeboard* perhitungan.

*Actual Freeboard*

$$H - T = 4.16 \quad \text{m}$$

*Freeboard perhitungan*

$$FB = 3.27 \quad \text{m}$$

Berdasarkan perhitungan *freeboard* yang telah dilakukan diketahui bahwa nilai *actual freeboard* lebih besar dibanding dengan nilai koreksi. Oleh karena itu kapal *bulk carrier* sudah memenuhi persyaratan lambung timbul yang sesuai dengan ICLL 1966.

#### 4.9. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal atau benda apung untuk kembali ke kondisi awal, setelah diberikan gaya atau gangguan, sehingga perhitungan stabilitas merupakan salah satu komponen yang paling penting dalam proses teknis perancangan kapal. Pemeriksaan kondisi dilakukan guna mengetahui karakteristik kapal untuk setiap kondisi pemuatan yang berbeda (*loadcase*). Untuk mengetahui kriteria stabilitas dipenuhi atau tidak maka perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan *software*. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan *software* adalah IS Code 2008.

Pada desain kapal ini terdapat 8 *loadcase* yang digunakan untuk menghitung batasan stabilitas. *Loadcase* ini dipengaruhi oleh besarnya muatan dan bahan bakar. Dari kombinasi kondisi muatan dan bahan bakar yang ada maka ada 8 *loadcase* yang harus dihitung untuk keadaan stabilitasnya. Berikut merupakan *loadcase* yang harus dihitung.

1. *Loadcase 1* merupakan kasus dimana muatan 100%, dan bahan bakar 100%
2. *Loadcase 2* merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 50%.
3. *Loadcase 3* merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 10%.
4. *Loadcase 4* merupakan kasus di mana muatan 0%, dan bahan bakar 100%.
5. *Loadcase 5* merupakan kasus di mana muatan 0%, dan bahan bakar 50%.
6. *Loadcase 6* merupakan kasus di mana muatan 0%, dan bahan bakar 10%.

Untuk *loadcase 7 – 9* ditambahkan dengan stabilitas *cargo shifting* untuk melihat perencanaan kapal ketika dimuati oleh batubara.

7. *Loadcase 7* merupakan kasus dimana muatan 100%, dan bahan bakar 100%
8. *Loadcase 8* merupakan kasus dimana muatan 75%, dan bahan bakar 100%
9. *Loadcase 9* merupakan kasus dimana muatan 50%, dan bahan bakar 100%

Tabel 4.15, Tabel 4.16, dan Tabel 4.17 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan stabilitas kapal.

**Tabel 4.15 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Loadcase 1 - 3**

Kriteria	Loadcase 1	Loadcase 2	Loadcase 3	Kriteria	keterangan
Area 0 to 30 (m.deg)	25,727	25,549	25,470	> 3,151	memenuhi
Area 0 to 40 (m.deg)	45,749	45,750	45,664	> 5,157	memenuhi
Area 30 to 40 (m.deg)	20,162	20,200	20,194	> 1,719	memenuhi
Max GZ at 30 (m)	2,330	2,336	2,335	> 1,7189	memenuhi
Angle of maximum GZ (deg)	49,100	49,100	49,100	> 25	memenuhi
Initial GMt (m)	2,969	2,959	2,944	> 0,15	memenuhi

**Tabel 4.16 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Loadcase 4 - 6**

Kriteria	Loadcase 4	Loadcase 5	Loadcase 6	Kriteria	keterangan
Area 0 to 30 (m.deg)	91,993	93,006	93,621	> 3,151	memenuhi
Area 0 to 40 (m.deg)	138,243	139,464	140,094	> 5,157	memenuhi
Area 30 to 40 (m.deg)	46,250	46,457	46,473	> 1,719	memenuhi
Max GZ at 30 (m)	4,620	4,637	4,636	> 1,7189	memenuhi
Angle of maximum GZ (deg)	35,500	34,500	34,500	> 25	memenuhi
Initial GMt (m)	14,955	15,167	15,314	> 0,15	memenuhi

**Tabel 4.17 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas Loadcase 7 - 9**

Kriteria	Loadcase 7	Loadcase 8	Loadcase 9	Kriteria	ket
Area 0 to 30 (m.deg)	25,727	28,657	36,49	> 3,151	memenuhi
Area 0 to 40 (m.deg)	45,854	53,911	67,068	> 5,157	memenuhi

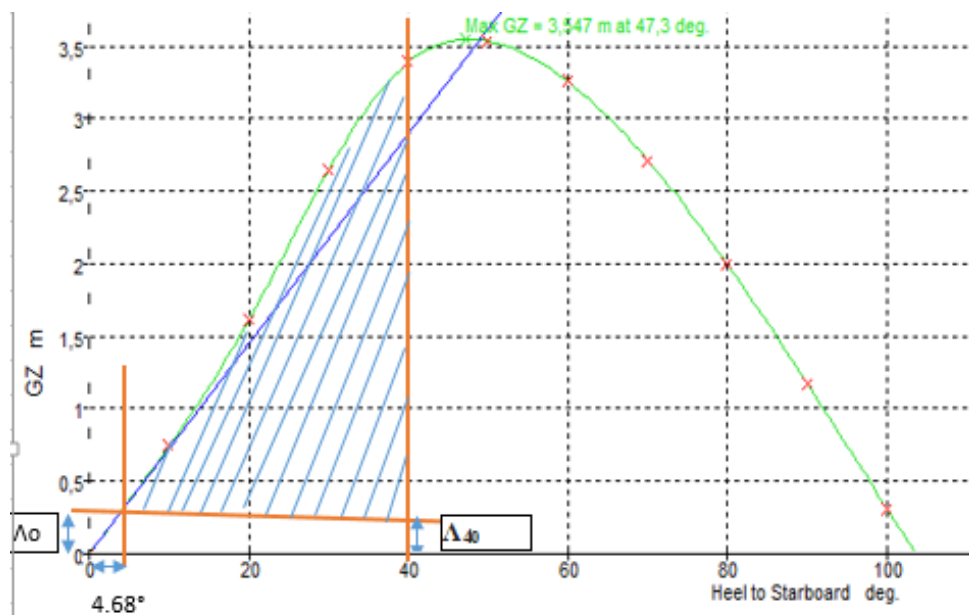
Area 30 to 40 (m.deg)	20,126	25,255	30,578	> 1,719	memenuhi
Max GZ at 30 (m)	2,33	2,976	3,547	> 1,7189	memenuhi
Angle of maximum GZ (deg)	49,1	47,300	47,3	> 25	memenuhi
Initial GMt (m)	2,997	3,221	4,147	> 0,15	memenuhi
Angle of grain shift (deg)	4,68	5,86	6,41	< 12	memenuhi
Residual Area (m.rad)	1,02	0,74	0,58	> 0,075	memenuhi

#### 4.9.1. Analisa Stabilitas *Grain Code*

Dilanjutkan dengan analisa stabilitas *grain code* untuk mengetahui ketika kapal diberikan muatan dan diasumsikan terjadi pergeseran di dalam ruang muat, lalu kondisi pemuatan *residual area* tidak boleh lebih dari 0.075 m.rad. Berikut beberapa perhitungan stabilitas ketika *cargo shifting* pada kondisi 50, 70, dan 100% muatan yang telah dimuat pada kapal.

#### 4.9.2. Kondisi Muatan 50%

Dalam kriteria stabilitas *grain code*, *residual area* pada semua kondisi muat harus lebih dari 0.07 m.rad pada kondisi muatan 50%. Pada perhitungan yang didapat dari *maxsurf stability* nilai *assumed volumetric heeling moment* yaitu 15000 m<sup>4</sup> dengan nilai *stowage factor* yaitu 1.282 m<sup>3</sup>/ton dan *displacement* 35770.01 ton. Didapat  $\Lambda_0$  yaitu 0.327 meter dan  $\Lambda_{40}$  dengan nilai 0,261 meter. Setelah dilakukan pengukuran seperti Gambar 4.11, maka didapat *grain shift* pada sudut 4.68°.

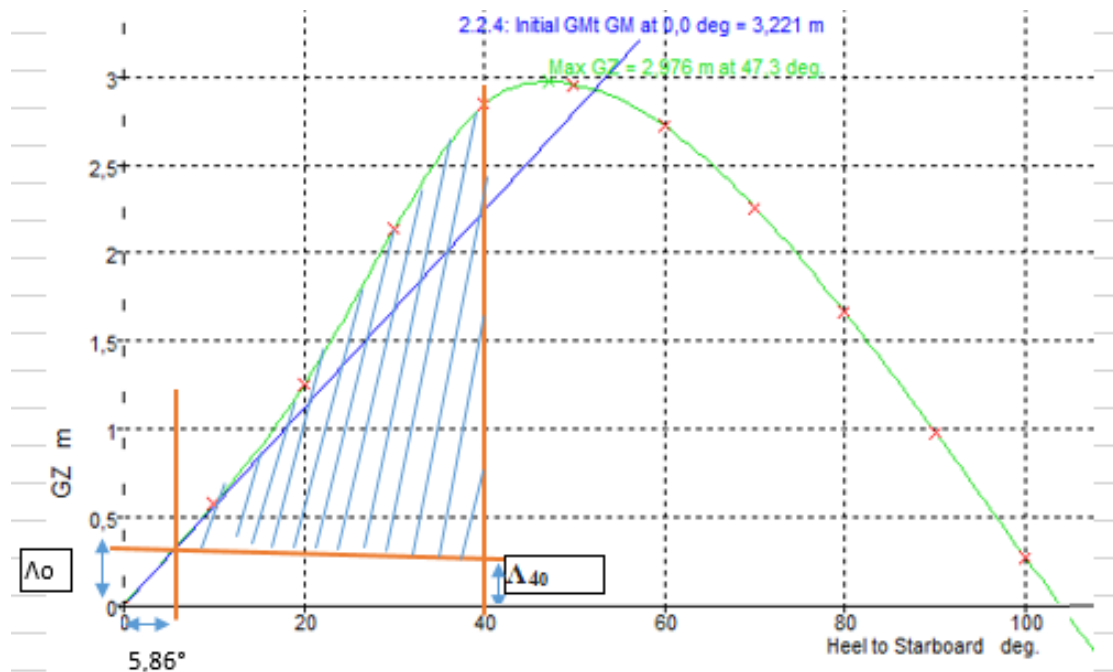


Gambar 4.11 *Residual Area Muatan 50%*

Pada sudut *grain shifting* yang diperoleh yaitu  $4.68^\circ$  maka lebih kecil dari sudut yang disyaratkan yaitu tidak diizinkan diatas  $12^\circ$ . Didapat luasan kurva dibawah GZ dari  $0^\circ$  hingga  $40^\circ$  dengan bantuan *maxsurf stability* yaitu  $67.06 \text{ m.deg}$ . Untuk memperoleh *residual area* maka dilakukan perhitungan total luasan kurva dibawah kurva GZ dari  $0^\circ$  hingga  $40^\circ$  dikurangi dengan luasan segitiga dibawah kurva GZ dari  $0^\circ$  hingga  $4.68^\circ$  dan dikurangi lagi dengan luasan trapesoidal dari  $4.68^\circ$  hingga  $40^\circ$ . Didapat nilai luasan segitiga dibawah kurva GZ dari  $0^\circ$  hingga  $4.68^\circ$  yaitu  $0.768 \text{ m.deg}$  dan untuk luasan trapesoidal dari  $4.68^\circ$  hingga  $40^\circ$  dengan nilai  $7.471 \text{ m.deg}$ . Didapat *residual area* dengan nilai  $58.82 \text{ m.rad}$  atau sama dengan  $1.0266 \text{ m.rad}$ . Dengan ini *residual area* perhitungan lebih besar dari pada batas nilai residual yang disyaratkan yaitu  $0.075 \text{ m.rad}$ .

#### 4.9.3. Kondisi Muatan 75%

Lalu pada perhitungan stabilitas dengan kondisi muatan 75% yang didapat melewati *maxsurf stability* nilai *assumed volumetric heeling moment* yaitu  $15000 \text{ m}^4$  dengan nilai *stowage factor* yaitu  $1.282 \text{ m}^3/\text{ton}$  dan *displacement*  $35770.01 \text{ ton}$ . Didapat  $\Lambda_0$  yaitu  $0.327 \text{ meter}$  dan  $\Lambda_{40}$  dengan nilai  $0,261 \text{ meter}$ . Setelah dilakukan pengukuran seperti Gambar 4.12, maka didapat *grain shift* pada sudut  $5.86^\circ$ .



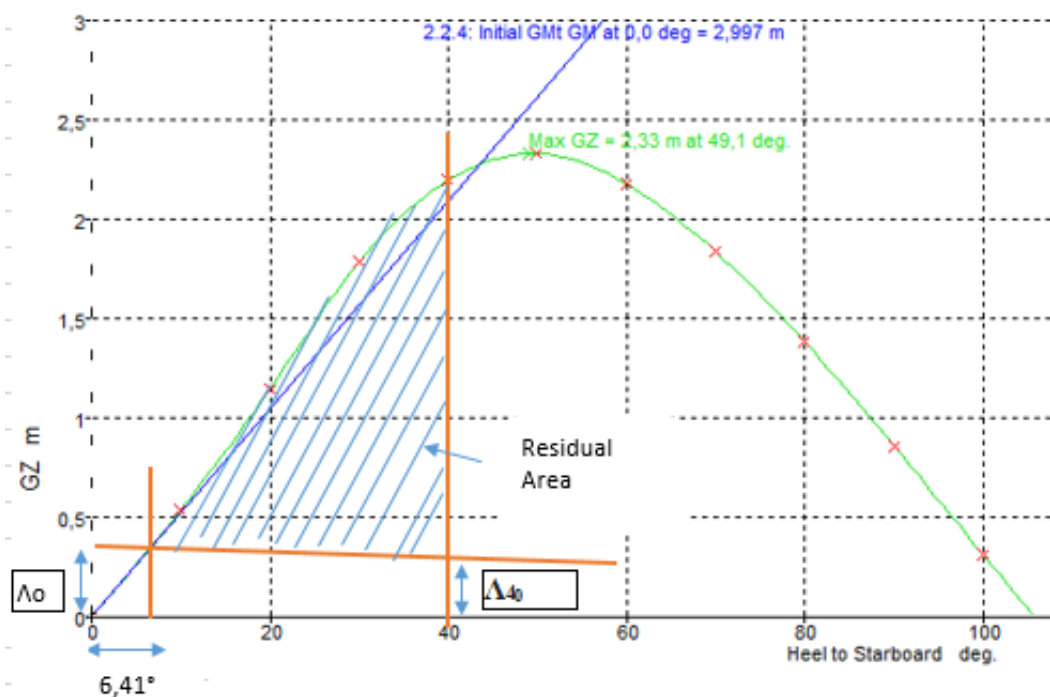
**Gambar 4.12 Residual Area Muatan 75%**

Pada sudut *grain shifting* yang diperoleh yaitu  $5.86^\circ$  maka lebih kecil dari sudut yang disyaratkan yaitu tidak diizinkan diatas  $12^\circ$ . Didapat luasan kurva dibawah GZ dari  $0^\circ$  hingga

40° dengan bantuan *maxsurf stability* yaitu 53.91 m.deg. Untuk memperoleh *residual area* maka dilakukan perhitungan total luasan kurva dibawah kurva GZ dari 0° hingga 40° dikurangi dengan luasan segitiga dibawah kurva GZ dari 0° hingga 5.86° dan dikurangi lagi dengan luasan trapesoidal dari 5.86° hingga 40°. Didapat nilai luasan segitiga dibawah kurva GZ dari 0° hingga 5.86° yaitu 0.954 m.deg dan untuk luasan trapesoidal dari 5.86° hingga 40° dengan nilai 10.18 m.deg. Didapat *residual area* dengan nilai 42.77 m.rad atau sama dengan 0.746 m.rad. Dengan ini *residual area* perhitungan lebih besar dari pada batas nilai residual yang disyaratkan yaitu 0.075 m.rad.

#### 4.9.4. Kondisi Muatan 100%

Lalu pada perhitungan stabilitas dengan kondisi muatan 100% yang didapat melewati *maxsurf stability* nilai *assumed volumetric heeling moment* yaitu 15000 m<sup>4</sup> dengan nilai *stowage factor* yaitu 1.282 m<sup>3</sup>/ton dan *displacement* 35770.01 ton. Didapat  $\Lambda_0$  yaitu 0.327 meter dan  $\Lambda_{40}$  dengan nilai 0,261 meter. Setelah dilakukan pengukuran seperti Gambar 4.13, maka didapat *grain shift* pada sudut 6.41°.



**Gambar 4.13 Residual Area Muatan 100%**

Pada sudut *grain shifting* yang diperoleh yaitu 6.41 ° maka lebih kecil dari sudut yang disyaratkan yaitu tidak diizinkan diatas 12°. Didapat luasan kurva dibawah GZ dari 0° hingga 40° dengan bantuan *maxsurf stability* yaitu 45.85 m.deg. Untuk memperoleh *residual area* maka dilakukan perhitungan total luasan kurva dibawah kurva GZ dari 0° hingga 40° dikurangi

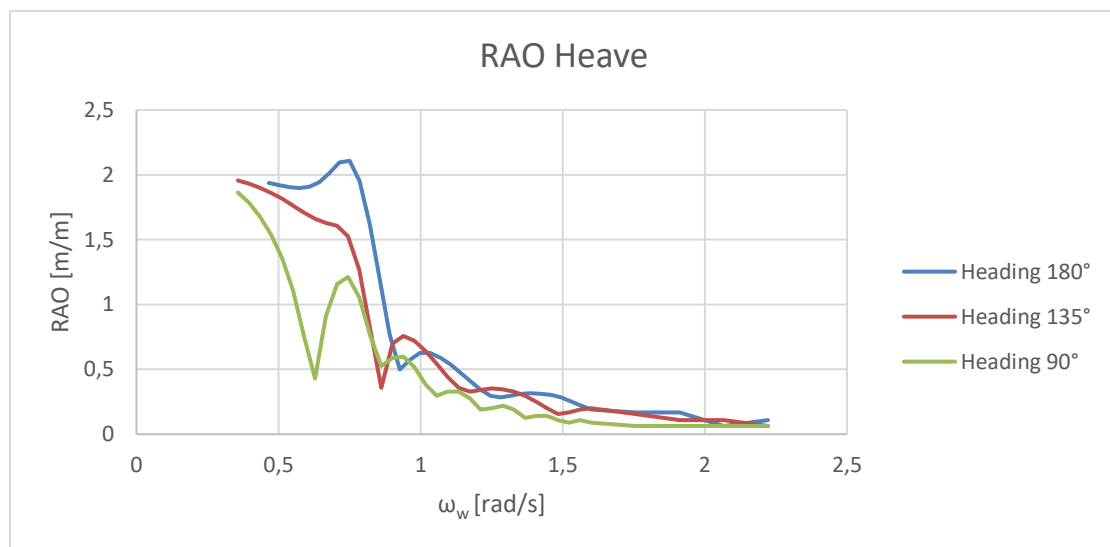
dengan luasan segitiga dibawah kurva GZ dari  $0^\circ$  hingga  $6.41^\circ$  dan dikurangi lagi dengan luasan trapesoidal dari  $6.41^\circ$  hingga  $40^\circ$ . Didapat nilai luasan segitiga dibawah kurva GZ dari  $0^\circ$  hingga  $6.41^\circ$  yaitu 1.12 m.deg dan untuk luasan trapesoidal dari  $6.41^\circ$  hingga  $40^\circ$  dengan nilai 10.93 m.deg. Didapat *residual area* dengan nilai 33.79 m.deg atau sama dengan 0.589 m.rad. Dengan ini *residual area* perhitungan lebih besar dari pada batas nilai residual yang disyaratkan yaitu 0.075 m.rad.

#### 4.10. Analisa Deck Wetness

Pada subbab ini dilakukan analisis *deck wetness* sebagai kriteria *seakeeping* kapal. Pada analisis *deck wetness* berfungsi juga untuk pertimbangan operasional kapal yang dipengaruhi oleh gelombang laut dititik tinjauan. Kondisi *bulk carrier* dianggap baik apabila probabilitas *deck wetness* dibawah dari 5/100 sesuai dengan kriteria Nordforsk tahun 1987. Pada analisis ini menggunakan bantuan *Software Maxsurf Motion* untuk mendapatkan RAO dari *heave*, *pitch*, lalu mendapatkan sudut fase dari *heave*, *pitch*, panjang gelombang, dan *wave spectrum* tiap *wave encounter*. Untuk titik tinjauan *deck wetness* yaitu pada bagian *forecastle bulk carrier*.

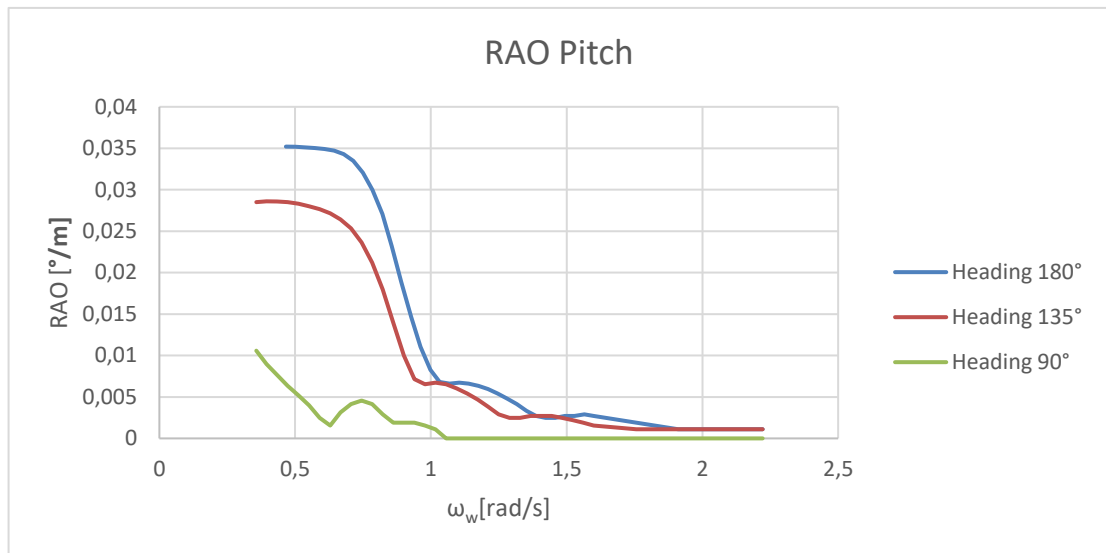
##### 4.10.1. RAO Bulk carrier

Proses perhitungan RAO dari *bulk carrier* ini dilakukan pada *software maxsurf motion*. Analisis RAO dihitung dengan mempertimbangkan variasi sudut hadap yaitu  $90^\circ$ ,  $135^\circ$ , dan  $180^\circ$ , dengan kecepatan dinas kapal 12 knot. Hasil dari RAO dapat dilihat pada Gambar 4.14 dan Gambar 4.15.



Gambar 4.14 RAO Heave Bulk Carrier

Pada Gambar 4.14 dapat dilihat *response amplitude operator* (RAO) pada gerakan *heave* dengan variasi sudut hadap yang berbeda – beda yaitu 90°, 135°, dan 180°. Berdasarkan gambar grafik juga dapat diketahui bahwa pada keadaan *heave*, RAO terbesar terjadi ketika kapal mendapat gelombang dengan sudut hadap 180° pada frekuensi gelombang 0.75 rad/s dengan simpangan terjauh mencapai 2.108 m/m.

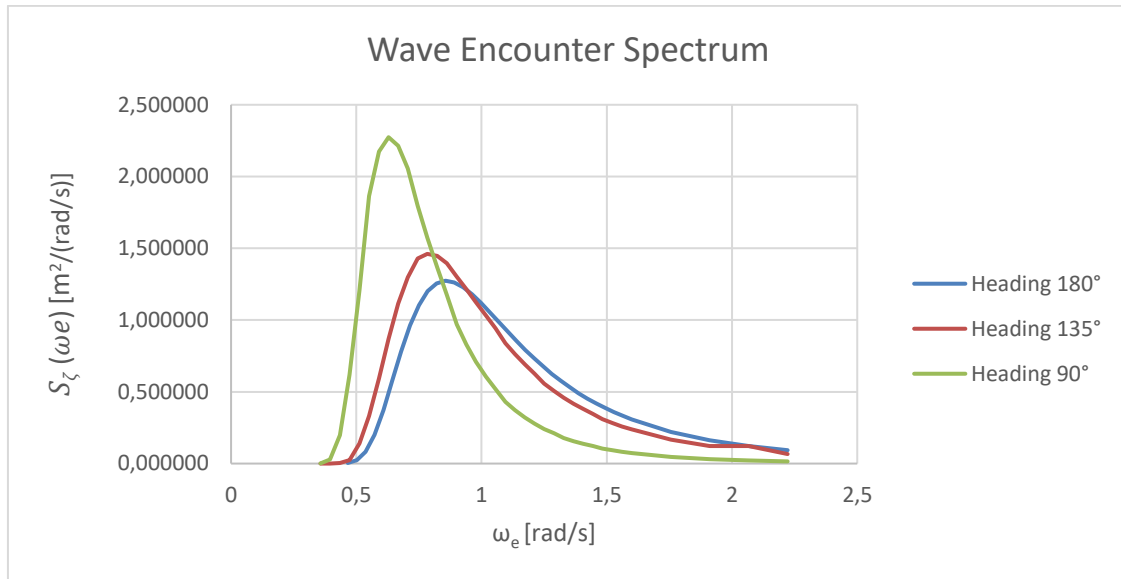


**Gambar 4.15 RAO Pitch Bulk Carrier**

Pada Gambar 4.15 dapat dilihat *response amplitude operator* (RAO) pada gerakan *pitch* dengan variasi sudut hadap yang berbeda – beda yaitu 90°, 135°, dan 180°. Berdasarkan gambar grafik juga dapat diketahui bahwa pada keadaan *pitch*, RAO terbesar terjadi ketika kapal mendapat gelombang dengan sudut hadap 180° pada frekuensi gelombang 0.466 rad/s dengan simpangan terjauh mencapai 0.035 °/m. Berdasarkan hasil RAO kapal pada keadaan *heave* dan *pitch* di berbagai sudut hadap, dapat disimpulkan bahwa gerakan *heave* dan *pitch* terbesar saat sudut hadapnya 180°.

#### 4.10.2. Spektrum Gelombang

Untuk mendapatkan gerakan kapal karena pengaruh gelombang, maka dilakukan perhitungan spektrum gelombang. Spektrum gelombang ITTC digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini. Spektrum gelombang tersebut kemudian ditransformasikan menjadi spektrum gelombang *encounter*. Terdapat 3 sudut hadap untuk menguji probabilitas *deck wetness* untuk tinggi gelombang signifikan 4 m yaitu, 90°, 135°, dan 180°.

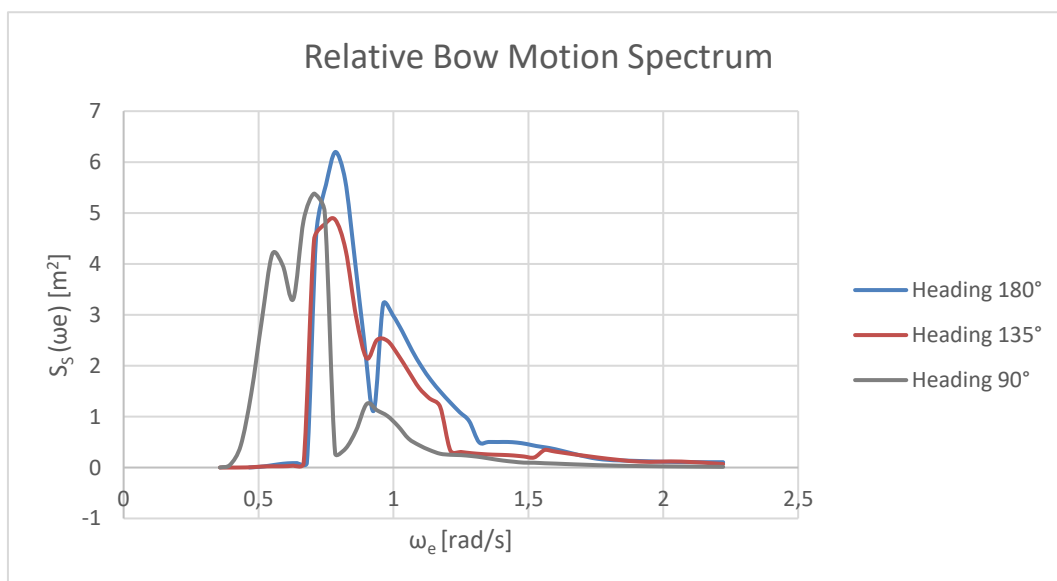


**Gambar 4.16 Encounter Wave Spectrum Bulk Carrier**

Terlihat pada Gambar 4.16 bahwa *encounter wave spectrum* dengan sudut hadap 90°, 135°, dan 180° akan menghasilkan spektrum yang berbeda. Untuk kordinat encounter wave spectrum secara detail dapat dilihat pada Lampiran A.

#### 4.10.3. Relative Bow Motion Spectrum

*Relative bow motion* adalah gerakan pada bagian haluan kapal. Perhitungan *relative bow motion* diperlukan untuk menghitung *deck wetness*. Untuk perhitungan *relative bow motion* dengan menggunakan metode spectral.



**Gambar 4.17 Relative Bow Motion Spectrum Bulk Carrier**



Terlihat pada Gambar 4.17 bahwa *encounter wave spectrum* dengan sudut hadap 90°, 135°, dan 180° akan menghasilkan spektrum yang berbeda. Untuk kordinat *encounter wave spectrum* secara detail dapat dilihat pada Lampiran A.

Nilai *relative bow motion* terbesar pada *heading* 180° terjadi pada *encounter frequency* 0.785 rad/s sebesar 6.198. Nilai *relative bow motion* terbesar pada *heading* 135° terjadi pada *encounter frequency* 0.784 rad/s sebesar 4.869. Nilai *relative bow motion* terbesar pada *heading* 90° terjadi pada *encounter frequency* 0.706 rad/s sebesar 5.381.

Luasan dari *relative bow motion spectrum* dihitung dengan menggunakan simpson untuk selanjutnya digunakan dalam perhitungan *deck wetness*, pada Tabel 4.18 merupakan rekapitulasi perhitungan luasan *spectrum relative bow motion* .

**Tabel 4.18 Luasan Spektrum *Relative Bow Motion***

<b>Heading</b>	<b>Luasan Spektrum Relative Bow Motion (m<sub>0</sub>) [m<sup>2</sup>]</b>
180	10.917
135	8.255
90	7.926

#### **4.10.4. Perhitungan *Deck Wetness***

Setelah dilakukan perhitungan *relative bow motion spectrum*, selanjutnya dilakukan perhitungan probabilitas *deck wetness* dengan langkah yang dapat dilihat pada Lampiran A. Kriteria *seakeeping* mengacu pada kriteria Nordforsk untuk *merchant ship* dengan probabilitas *deck wetness* tidak boleh lebih dari 0.05.

Pada Lampiran A diberikan perhitungan probabilitas *deck wetness* untuk *heading* 90°, 135°, dan 180°. Rekapitulasi dari hasil perhitungan probabilitas *deck wetness* untuk masing – masing *heading* dapat dilihat pada Tabel 4.19.

**Tabel 4.19 Probabilitas *Deck Wetness***

<b>Heading</b>	<b>Probabilitas (<i>Deck Wetness</i>)</b>	<b>Kriteria</b>	<b>Keterangan</b>
180	0.039	< 0.05	Memenuhi
135	0.014	< 0.05	Memenuhi
90	0.012	< 0.05	Memenuhi

Berdasarkan Tabel 4.19 diketahui bahwa nilai probabilitas *deck wetness* berkurang seiring dengan berkurangnya sudut *heading*. Dimana pada *heading* 180° probabilitas *deck wetness* sebesar 4%. Pada *heading* 135° *deck wetness* terjadi dengan probabilitas sebesar 2%. Dan pada *heading* 90° *deck wetness* terjadi dengan probabilitas sebesar 2%.

Berdasarkan perhitungan yang ditinjau pada bagian *forecastle* yaitu 83 meter dari titik CG, maka kapal *bulk carrier* memenuhi kriteria *seakeeping* Nordforsk tahun 1987 dengan nilai probabilitas *deck wetness* tidak lebih dari 0.05.

## **BAB 5**

### **DESAIN *BULK CARRIER***

#### **5.1. Desain *Lines Plan***

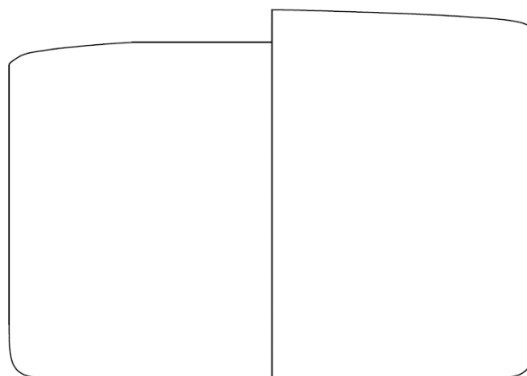
Desain *Lines Plan* merupakan salah satu langkah awal yang dilakukan dalam perancangan desain kapal. *Lines plan* merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan atau gambar proyeksi badan kapal dari tiga sudut pandang yaitu potongan secara melintang, vertikal memanjang, dan horizontal memanjang. Pada Tugas Akhir ini, *lines plan* dibuat menggunakan bantuan *software Maxsurf Modeller* dan AutoCAD. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan sebelum membuat desain *Lines Plan* yaitu, pertimbangan bentuk dari *midship section*, haluan kapal, dan bentuk dari *transom*.

##### **5.1.1. Desain Bentuk *Midship Section***

Pada perencanaan rencana garis langkah pertama yang dilakukan yaitu pemilihan bentuk *midship* menggunakan referensi *Ship Design for Efficiency and Economy*. Beberapa tinjauan yang dilakkan untuk menentukan *midship section* adalah menentukan bentuk *midship*, besar jari – jari bilga, dan penggunaan *rise of floor*.

##### **1. Bentuk *Midship***

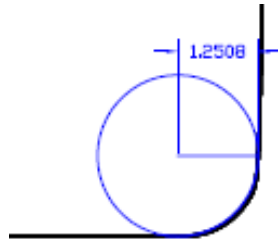
Untuk menentukan bentuk *midship* dapat ditinjau berdasarkan nilai  $C_M$  kapal. Pada kapal *bulk carrier* nilai  $C_M$  ini adalah 0.996. Untuk nilai  $C_M$  0.996 bentuk *midship* yang digunakan adalah bentuk U karena memiliki beberapa keunggulan yaitu kapasitas ruang muat lebih besar seperti Gambar 5.1, stabilitas kapal menjadi lebih baik, dan hambatan gelombang lebih kecil dibandingkan dengan bentuk V.



**Gambar 5.1 Bentuk *midship***

## 2. Besar jari – jari bilga

Penentuan besar jari – jari bilga berdasarkan nilai dari  $C_M$  kapal (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998). Pada Tugas Akhir ini jari – jari bilga yang digunakan adalah sebesar 1.25 m. Besar jari – jari bilga kapal dapat dilihat pada Gambar 5.2.



**Gambar 5.2 Sketsa Jari – Jari Bilga**

## 3. Tinjauan penggunaan *rise of floor*

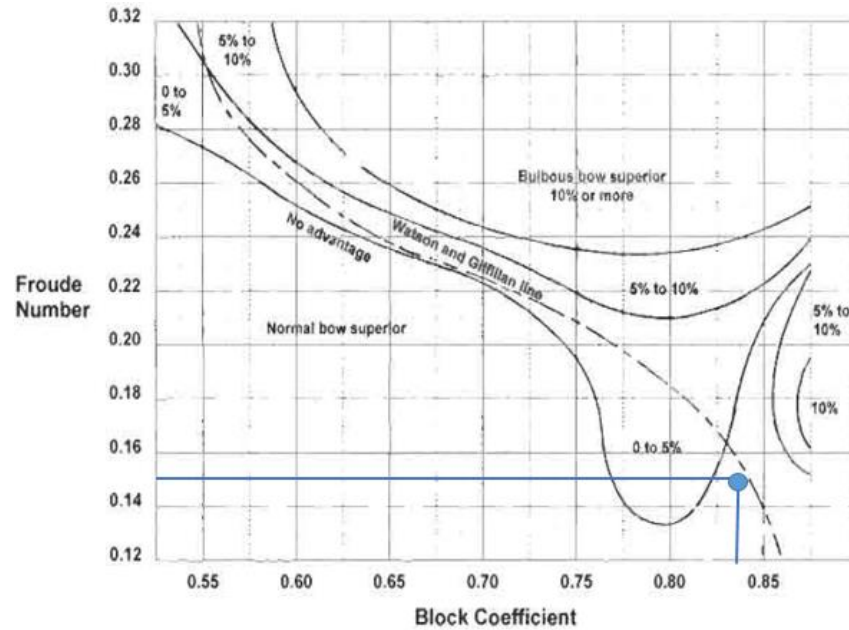
Penggunaan *rise of floor* pada kapal bergantung kepada nilai  $C_M$ . Untuk nilai  $C_M$  lebih dari 0.9 maka tidak menggunakan *rise of floor*. Kapal *bulk carrier* ini memiliki nilai  $C_M$  0.996 maka *rise of floor* tidak digunakan.

### 5.1.2. Desain *Bulbous Bow*

*Bulbous Bow* merupakan komponen yang terletak pada haluan kapal. *Bulbous bow* digunakan untuk mengurangi hambatan kapal pada saat keadaan air yang tenang. Hal ini dapat mempengaruhi daya propulsi kapal yang lebih kecil dari pada kapal yang tidak menggunakan *bulbous bow* (Watson D, 1998).

#### 1. Penentuan penggunaan *bulbous bow*

Dalam penentuan penggunaan *bulbous bow* terdapat beberapa pertimbangan agar kapal dapat menguntungkan dalam penggunaannya. Haluan normal lebih murah dalam penggunaannya, dan *bulbous bow* hanya harus digunakan jika hal itu diperlukan untuk mengurangi hambatan dan demikian dapat meningkatkan kecepatan atau mengurangi daya propulsi yang dibutuhkan dan dengan itu berpengaruh terhadap jumlah konsumsi bahan bakar yang digunakan. Dalam penentuan *bulbous bow* pada kapal dapat ditunjukkan dengan diagram Watson/Gilfillan terkait dengan hubungan *froude number* dan koefisien blok.



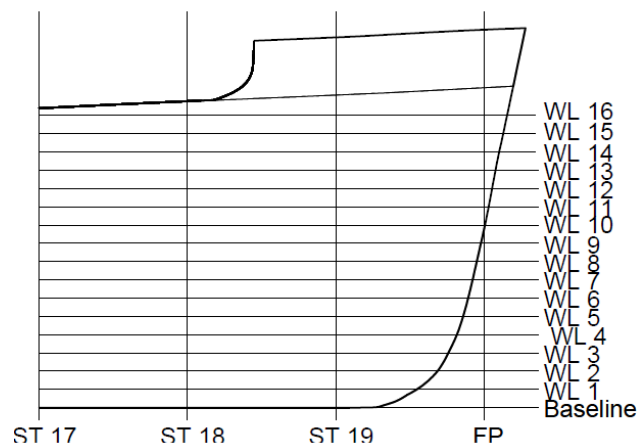
**Gambar 5.3 Diagram Watson/Gilfillan**

Pada Gambar 5.3 merupakan gambar diagram Watson/Gilfillan yang menunjukkan hubungan antara nilai  $F_n$  dan  $C_B$ . Berdasarkan diagram di atas garis  $C_B$  menunjukkan bidang yang menjadi perhatian praktis, dan dapat dilihat bahwa bulbous bow:

- a. Penggunaan *bulbous bow* memberikan keuntungan untuk kapal cepat dengan nilai  $F_n$  lebih besar dari 0.26 dan nilai  $C_b$  kurang dari 0.625;
- b. Penggunaan *bulbous bow* tidak memberikan keuntungan untuk kapal dengan nilai  $C_b$  diantara 0.625 hingga 0.725;
- c. Penggunaan *bulbous bow* kembali memberikan keuntungan untuk kapal dengan nilai  $C_b$  di antara 0.725 dan 0.825.

## 2. Pemilihan bentuk haluan

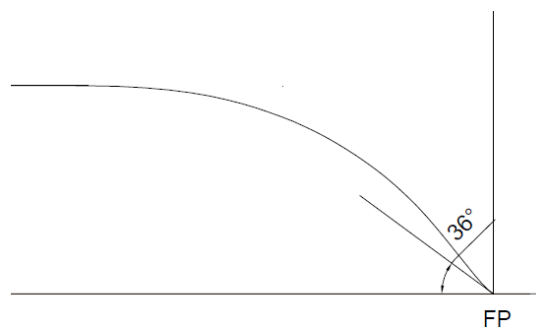
Pada pemilihan bentuk haluan kapal untuk Tugas Akhir ini kapal memiliki nilai  $C_B$  0.839 dan nilai  $F_n$  0.1515. Sehingga berdasarkan diagram Watson/Gilfillan penggunaan *bulbous bow* tidak memberikan keuntungan untuk kapal. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini tidak menggunakan bulbous bow pada desainnya. Bentuk bow kapal dapat dilihat pada Gambar 5.4.



**Gambar 5.4 Bentuk Haluan Kapal**

### 5.1.3. Penentuan *Angle of Entrance*

*Angle of Entrance* (AoE) merupakan sudut antara potongan kapal tampak atas dengan sarat kapal (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998). Nilai dari AoE ditinjau berdasarkan tabel  $i_e$  nilainya yang dihitung berdasarkan nilai  $C_P$ . Pada kapal *bulk carrier* ini memiliki nilai  $C_P$  sebesar 0.841 maka dilakukan interpolasi dengan nilai  $C_P$  0.8 dan 0.85 sehingga didapatkan nilai  $i_e$  sebesar 36 derajat. Bentuk AoE kapal dapat dilihat pada Gambar 5.5.



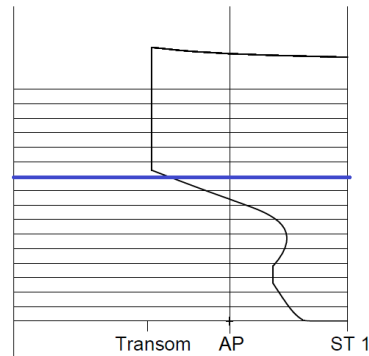
**Gambar 5.5 *Angle of Entrance* Kapal**

### 5.1.4. Bentuk Transom Kapal

Pemilihan bentuk transom kapal dapat mempengaruhi *trim* yang terjadi pada kapal (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998). Untuk pemilihan desain transom dipengaruhi oleh nilai dari  $F_n$  kapal dengan ketentuan sebagai berikut.

1.  $F_n < 0.3$  Transom berada di atas sarat kapal
2.  $F_n \approx 0.3$  Transom berada sedikit di bawah sarat kapal
3.  $F_n \approx 0.5$  Transom berada lebih jauh dari sarat kapal dengan nilai  $t = 10 - 15\%T$
4.  $F_n > 0.5$  Transom berada di bawah sarat kapal dengan nilai  $t = 15 - 20\%T$

Berdasarkan nilai  $F_n$  yang telah dihitung sebelumnya yaitu bernilai 0.1515 maka bentuk transom berada di atas sarat kapal, hal ini agar aliran air yang mengalami *turbulence* tidak mengenai transom kapal yang mengakibatkan mengurangi hambatan dari kapal. Bentuk transom kapal dapat dilihat pada Gambar 5.6.



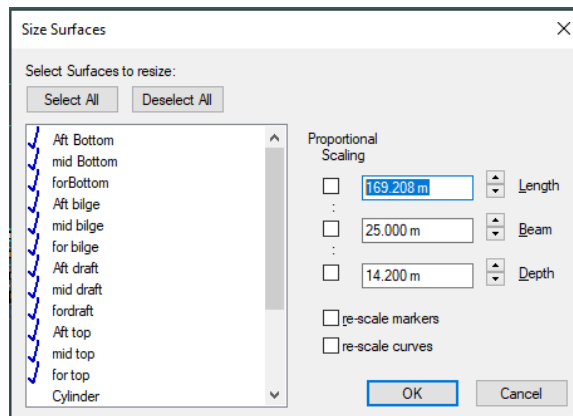
**Gambar 5.6 Bentuk Transom Kapal**

#### 5.1.5. Pembuatan *Lines Plan*

Proses pembuatan *lines plan* pada Tugas Akhir ini dibantu dengan menggunakan *software Maxsurf*. Langkah awal dalam pembuatan *lines plan* yaitu dengan menggunakan *sample design* yang telah ada, kemudian *sample design* tersebut diatur sehingga nilai-nilai yang ada diubah agar dapat mendekati koefisien yang telah dihitung (memiliki ukuran utama,  $C_B$ ,  $C_P$ , LCB, dan displasemen yang sama dengan toleransi tertentu).

1. Memasukkan ukuran utama kapal

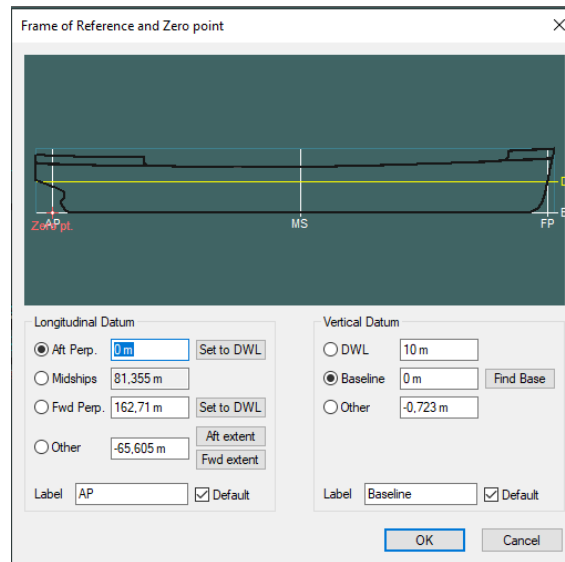
Setelah *sample design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, tinggi kapal. Panjang yang ditentukan adalah  $L_{OA}$  agar  $L_{PP}$  kapal dapat diatur sehingga sesuai dengan ukuran utama kapal seperti pada Gambar 5.7.



**Gambar 5.7 Menentukan Ukuran *Surface***

## 2. Penentuan *frame of referance* dan *zero point*

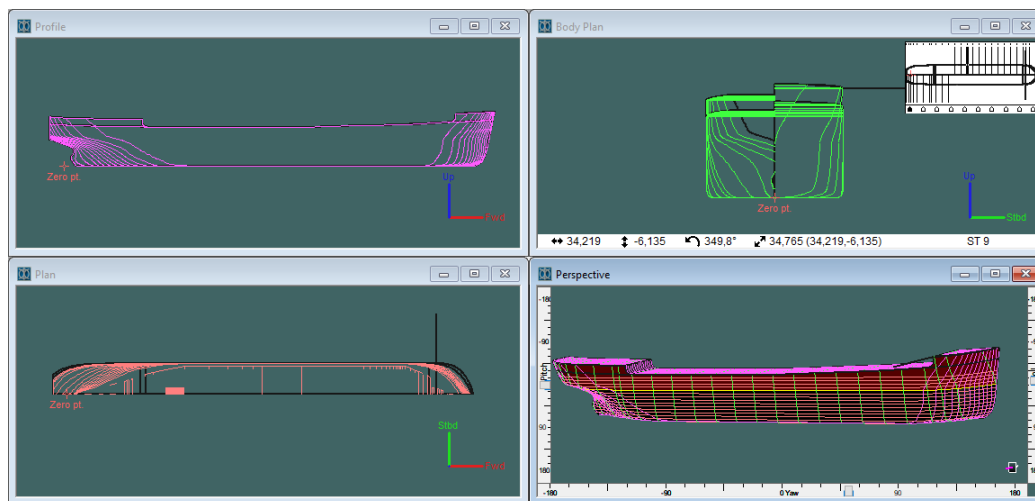
Pada perancangan ini *zero point* ditentukan pada *base line* di AP. Selanjutnya *zero point* tersebut diaplikasikan pada desain. Proses ini juga dilakukan untuk memasukkan sarat *bulk carrier* dan penentuan panjang *perpendicular* ( $L_{PP}$ ) seperti Gambar 5.8.



**Gambar 5.8 Menentukan *Frame of Referance & Zero Point***

## 3. Pengaturan *control point*

Setelah mendefinisikan titik acuan atau *zero point*, selanjutnya *lines plan* diatur sedemikian rupa sehingga nilai – nilai yang terdapat pada *software maxsurf* diubah agar mendekati nilai koefisien yang telah dihitung ( $C_B$ ,  $C_P$ ,  $LCB$ , dan displasemen) dengan toleransi tertentu dan beberapa ketentuan terkait pembuatan *lines plan*. Maka didapat tampilan *lines plan* pada *software Maxsurf Modeler Advanced* seperti Gambar 5.9.

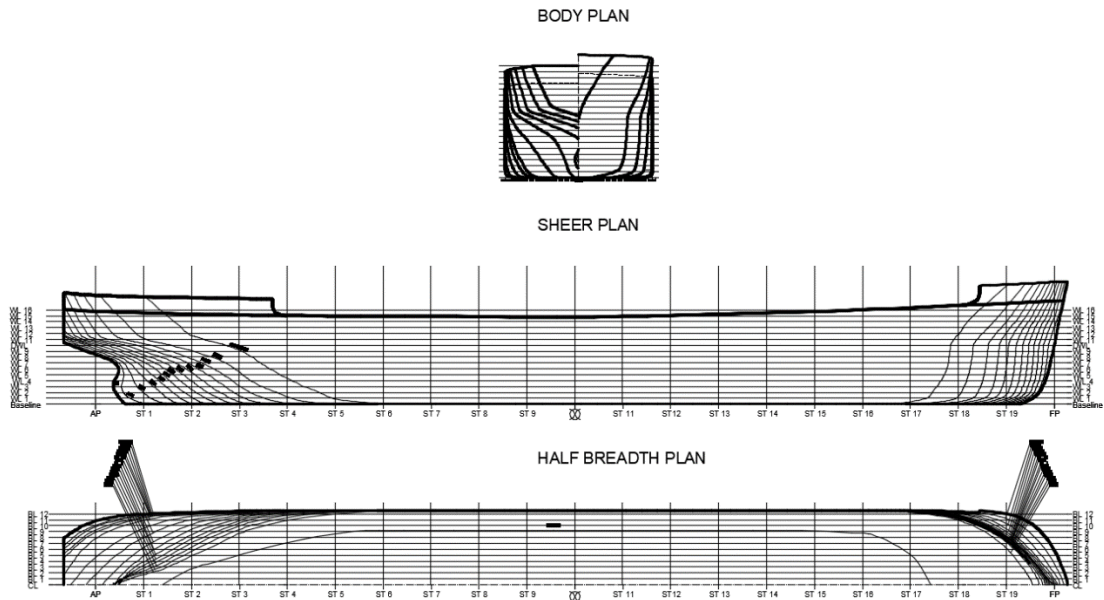


**Gambar 5.9 *Perspective Lines Plan***



#### 4. *Finishing* desain *lines plan*

Setelah mengatur *control point* sehingga memenuhi ketentuan desain *lines plan*, lalu proses selanjutnya yaitu *finishing* desain *lines plan* menggunakan *software AutoCAD*. Pada tahap ini didapatkan gambar *lines plan* seperti Gambar 5.10.



**Gambar 5.10 Lines Plan**

## 5.2. Desain *General Arrangement*

Gambar Rencana Umum atau *General Arrangement* dibuat menggunakan gambar Rencana Garis yang ada, diambil bagian terluar dari Rencana Garis. Dalam proses pembuatan desain Rencana Umum kapal *bulk carrier*, sepenuhnya menggunakan *software AutoCAD*. Diawali dengan penentuan jarak gading, untuk kapal ini diambil jarak gading sebesar 600 mm. Pembuatan Rencana Umum dilakukan dengan melakukan tinjauan terhadap peletakan sekat, ruang akomodasi, dan perlengkapan kapal.

### 5.2.1. Penentuan Jumlah Sekat

Penentuan sekat berdasarkan aturan yang ditentukan oleh BKI yaitu untuk kapal *bulk carrier* dengan panjang 145 m hingga 165 m maka jumlah sekat yang dibutuhkan minimal 7 dan ditambah 1 sekat. Dan untuk kapal *bulk carrier* akan menggunakan 8 sekat diantaranya yaitu sekat belakang kamar mesin, sekat depan kamar mesin, sekat tubrukan dan 5 sekat ruang muat.

1. Sekat tubrukan

Pada peletakan sekat tubrukan kapal *bulk carrier* diletakkan pada jarak 12.6 m atau berjarak 21 jarak gading dari FP.

2. Sekat depan kamar mesin

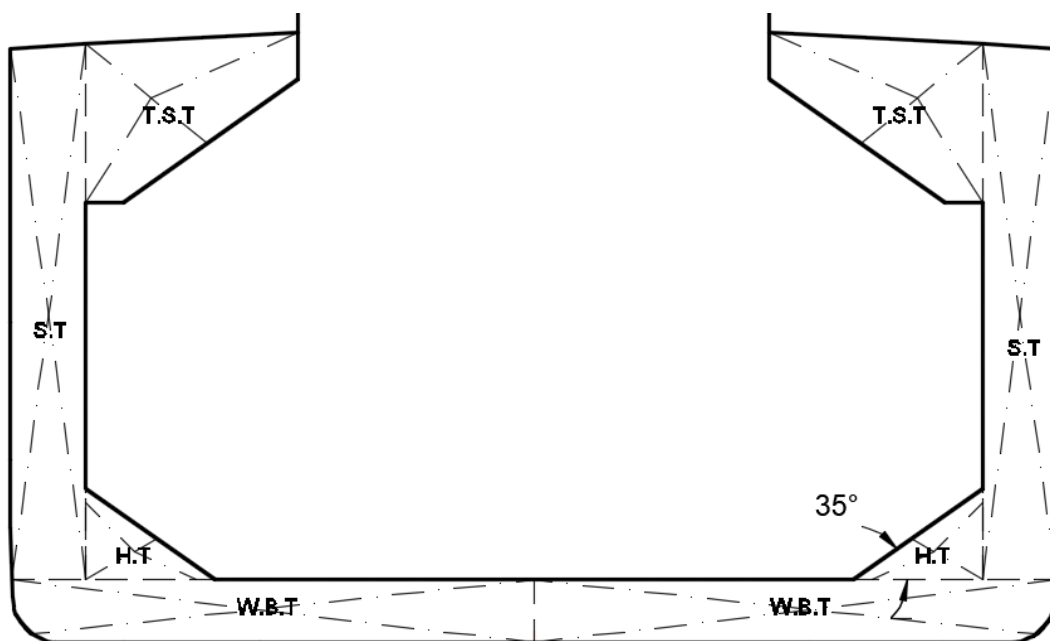
Peletakan sekat depan kamar mesin pada kapal *bulk carrier* diletakkan pada jarak 24 m atau berjarak 41 jarak gading dari AP.

3. Sekat belakang kamar mesin

Peletakan sekat belakang kamar mesin pada kapal *bulk carrier* diletakkan pada jarak 5.4 m atau berjarak 9 jarak gading dari AP.

### 5.2.2. Penentuan Ruang Muat

Pada perencanaan ruang muat kapal *bulk carrier* hal yang perlu diperhatikan dalam mendesain ruang muat yaitu *angle of repose* dari muatan yang mana harus disesuaikan dengan CEMA *for material characteristics* yang ada agar penggunaannya lebih efektif. Pada Tugas Akhir ini muatan kapal yaitu batubara, didapat nilai *angle of repose* yaitu  $35^\circ$ . Pada Gambar 5.11 merupakan penampang melintang dari kapal *bulk carrier*.



Gambar 5.11 Pelintang Ruang Muat

### 5.2.3. Ruang Akomodasi

Dalam pembuatan rencana umum kapal, perencanaan dibuat dengan seefisien mungkin dengan memperhatikan kebutuhan ruangan yang diperlukan. Penentuan ukuran ruangan pada

pembuatan rencana umum kapal *bulk carrier* berdasarkan *Maritime Labour Convention* (MLC). Pada perencanaan *bulk carrier* direncanakan memiliki anak buah kapal dengan jumlah 28 orang dengan rincian sebagai berikut.

1. *Main deck*

Pada *main deck* terdapat 18 orang yaitu 3 *oiler*, 2 *boys*, 2 *cadet*, 2 *fourth engineer*, 4 *seaman*, 1 *pump operator*, 1 *steward*, 1 *electrician*, dan 2 *motorman*.

2. *Poop deck*

Pada *poop deck* terdapat 2 orang yaitu, 1 *chief cook*, dan 1 *assistant cook*.

3. *Boat deck*

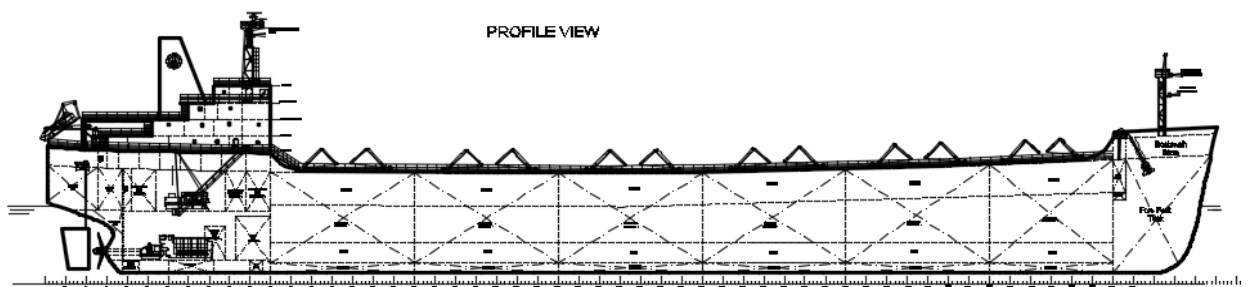
Pada *boat deck* terdapat 6 orang yaitu, 1 *chief officer*, 1 *second engineer*, 1 *third engineer*, 1 *second officer*, 1 *third officer*, dan 1 *doctor*.

4. *Bridge deck*

Pada *bridge deck* terdapat 2 orang yaitu, 1 *captain*, dan 1 *chief engineer*.

#### 5.2.4. *Profile View*

Dalam pembuatan Rencana Umum, salah satu luaran yang dihasilkan adalah proyeksi tampak samping dari ruangan kapal *bulk carrier*. Rincian proyeksi tampak samping *bulk carrier* dapat dilihat pada Gambar 5.12.

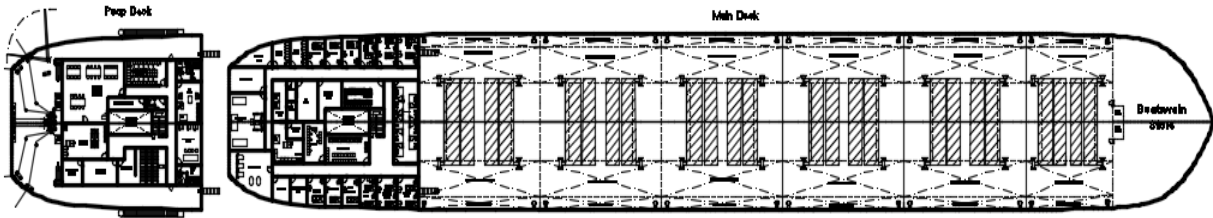


**Gambar 5.12 Tampak Samping Rencana Umum**

Proyeksi tampak samping pada Gambar 5.12 menunjukkan ruang muat terbagi oleh 5 sekat melintang sehingga ada 6 ruang muat yaitu ruang muat pertama terletak pada gading 220 sampai gading 250, ruang muat kedua terletak pada gading 185 sampai gading 220, ruang muat ketiga terletak pada gading 150 sampai gading 185, ruang muat keempat terletak pada gading 115 sampai gading 150, ruang muat kelima terletak pada gading 80 sampai gading 115, dan ruang muat keenam terletak pada gading 45 sampai dengan gading 80.

### 5.2.5. Geladak Utama

Pada Geladak utama terdapat gambar geladak utama dan geladak kedua yang digambarkan dengan diproyeksikan tampak atas. Pada Gambar 5.13 merupakan rencana umum Geladak Utama dan Geladak Kedua kapal *bulk carrier*.

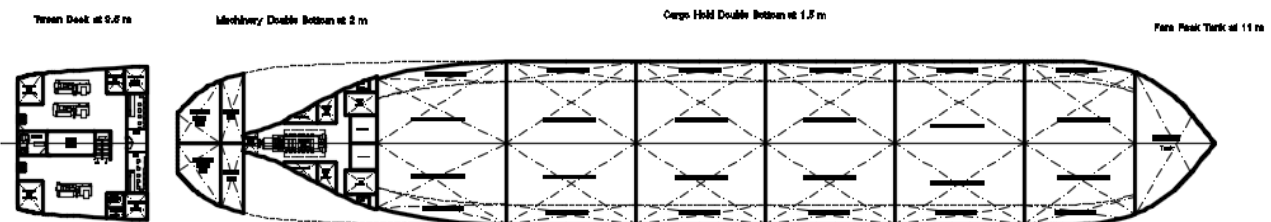


**Gambar 5.13 Tampak Atas Geladak Utama**

Di geladak utama terdapat 12 kamar diantaranya 2 kamar untuk 4 seaman dan 1 kamar untuk 2 boys, 2 cadet, 2 fourth engineer dan 2 oiler. Selanjutnya, 2 kamar motorman, 1 kamar oiler, 1 kamar electrician, 1 kamar cadet, 1 kamar steward, dan 1 kamar pump operator. Sedangkan untuk geladak kedua terdapat 1 kamar untuk chief cook dan 1 kamar untuk assistant cook.

### 5.2.6. Double Bottom

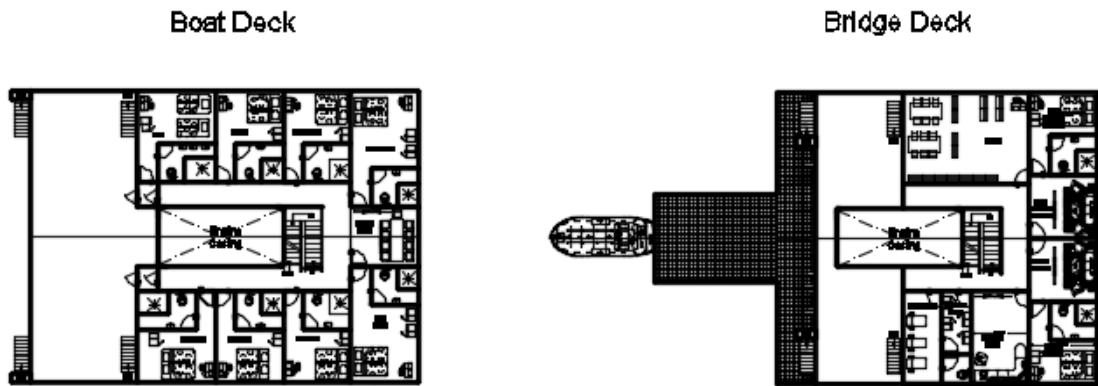
Pada kapal *bulk carrier* tinggi dari double bottom direncanakan setinggi 1.5 m untuk bagian ruang muat, dan 2 m untuk bagian kamar mesin. Dalam Rencana Umum *double bottom* diproyeksikan dari tampak atas. Pada gambar 5.12 merupakan gambar Rencana Umum dari *Double Bottom* kapal *bulk carrier*. *Double bottom* kapal *bulk carrier* difungsikan sebagai tangki ballast berjumlah 12 buah tangki, 6 pada port side dan 3 pada starboard side. Pada bagian belakang terdapat tangki ceruk belakang dan pada bagian depan terdapat tangki ceruk haluan. Pada Gambar 5.14 ditunjukkan tampak atas *double bottom*.



**Gambar 5.14 Tampak Atas Double Bottom**

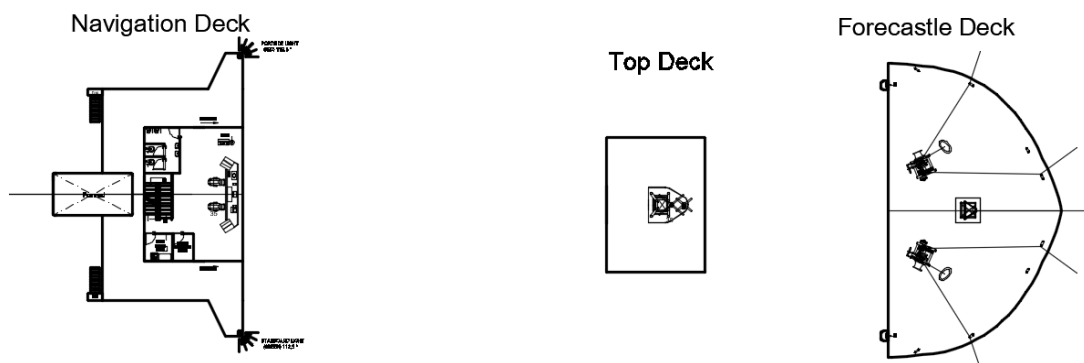
### 5.2.7. Bangunan Atas dan Rumah Geladak

Pada umumnya terdapat 2 bagian bangunan atas dan 4 rumah geladak pada kapal *bulk carrier*. Diantaranya *poop deck*, *forecastle deck*, *boat deck*, *bridge deck*, *navigation deck*, dan *top deck* seperti pada Gambar 5.15.



Gambar 5.15 Tampak Atas *Boat Deck* dan *Bridge Deck*

Gambar 5.15 merupakan proyeksi tampak atas dari *boat deck* dan *bridge deck*. Pada *boat deck* terdapat 7 buah kamar untuk kru kapal, *meeting room*, ruang klinik, dan *doctor*. Selain itu pada bagian belakang terdapat *freefall lifeboat* dengan kapasitas 28 orang. Sedangkan pada *bridge deck* terdapat 2 buah kamar dan 2 *dayroom* untuk *captain* dan *chief engineer*. Pada Gambar 5.16 merupakan proyeksi tampak atas dari *navigation deck*, *top deck*, dan *forecastle deck*.



Gambar 5.16 Tampak Atas *Wheelhouse*, *Top Deck*, dan *Forecastle Deck*

### 5.2.8. Peralatan Kapal

Pada perencanaan Rencana Umum kapal, selain memperhatikan keperluan ruang akomodasi hal lain yang perlu diperhatikan adalah perlengkapan kapal sesuai dengan peraturan statutori yang ditetapkan. Dalam Tugas Akhir ini perlengkapan kapal yang ditinjau adalah sebagai berikut.

## 1. Lampu Navigasi

Kapal yang berlayar harus memiliki lampu navigasi yang berfungsi pada waktu matahari tenggelam hingga matahari terbit dan pada waktu matahari terbit hingga matahari tenggelam jika jarak pandang yang terbatas. Aturan yang ditetapkan COLREGS - *International Regulations for Preventing Collisions at Sea*.

- *Anchor Light*

*Anchor light* merupakan lampu jangkar yang dipasang pada bagian depan kapal dengan berwarna putih, memiliki sudut penglihatan 360 derajat, dan minimal dapat dilihat pada jarak 3 mil.

- *Mast Head Light*

Lampu ini berfungsi untuk mencegah tidak terjadinya tubrukan pada kapal, karena memberikan sinyal arah gerakan kapal. Terdapat 2 buah *mast head light* yang terletak pada bagian atas *top deck* dan pada *forecastle* kapal dengan berwarna putih.

- *Side Light*

Lampu ini merupakan lampu samping yang berfungsi untuk membedakan sisi kiri dan kanan kapal. Dengan berjumlah 2 buah yang diletakkan masing – masing di sisi kiri dan kanan geladak navigasi. Lampu ini berwarna merah dan memancarkan sudut sinar 112.5 derajat dengan jarak penglihatan minimal 2 mil.

- *Stern Light*

Lampu ini berjumlah 1 buah yang diletakkan dibagian buritan kapal, untuk mengetahui letak buritan kapal. Warna lampu ini adalah putih dengan sudut sinar 135 derajat dan dapat memancarkan sinar hingga minimal jarak 2 mil.

- *Red Light*

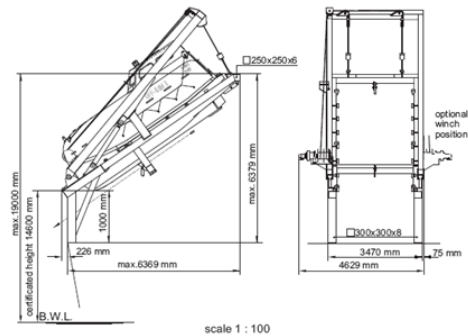
Lampu ini berfungsi sebagai lampu rambu – rambu pada saat cuaca berkabut atau pada saat kapal kandas. Lampu ini berjumlah 2 buah dan diletakkan pada tiang *mast*. Lampu ini memiliki sudut penglihatan 360 derajat dan dapat dilihat dengan jarak minimal sejauh 2 mil.

- *Towing Light*

Terdapat 1 buah *towing light* yang diletakan pada bagian *stern* kapal dengan berwarna Putih.

## 2. Peralatan Keselamatan

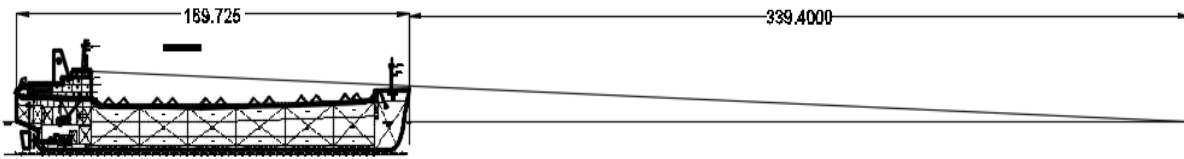
Peralatan keselamatan yang ditinjau pada pembuatan Rencana Umum *bulk carrier* adalah peletakan *free fall lifeboat* untuk proses evakuasi ketika terjadi kecelakaan. *Free fall lifeboat* diletakan pada bagian belakang *boat deck* dengan kapasitas 28 orang dan diatur agar dapat langsung meluncur ke perairan bebas dan tidak terkena badan kapal. Pada Gambar 5.17 ditunjukkan *free fall lifeboat* untuk mengangkut *crew* ketika darurat.



**Gambar 5.17 Free Fall Lifeboat**

### 5.2.9. Pemeriksaan *Navigation Bridge Visibility*

Kapal dengan *Length Overall* ( $LOA$ ) 45 meter atau lebih yang dibangun pada atau setelah 1 Juli 1998, pandangan terhadap permukaan laut dari posisi navigasi kapal tidak lebih dari dua kali panjang kapal ( $LOA$ ), atau 500 m yang berdasarkan SOLAS Reg. V/22 tentang *Navigation Bridge Visibility*. Pemeriksaan *navigation bridge visibility* ini bertujuan untuk memastikan bahwa kapal dirancang dengan visibilitas yang memadai dari jembatan navigasi. Desainer dan pembangun kapal perlu mempertimbangkan peraturan ini selama proses desain untuk bangunan baru atau di mana kapal mengalami modifikasi struktural atau misalnya terdapat perubahan dalam mode operasi. Kapal *bulk carrier* pada Tugas Akhir ini memiliki  $LOA$  sebesar 169.7 m sehingga jarak pandang minimal kapal adalah 339.4 m. Pada Gambar 5.18 merupakan pengecekan jarak pandang kapal di mana jarak pandang kapal memenuhi persyaratan 2 kali  $LOA$  atau sebesar 339.4 m.



Gambar 5.18 Pemeriksaan *Navigation Bridge Visibility*

### 5.3. Validasi Perhitungan Awal dengan Desain

Validasi perhitungan awal dengan desain dibutuhkan untuk mengetahui *margin* perhitungan awal dan ketika kapal yang didesain telah memenuhi kriteria ditunjukkan pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Validasi Perhitungan Awal dan Desain

Model			Perhitungan			Rasio Perbedaan (%)
Displacement =	35961	ton	Displacement =	35992,6	ton	0,0879314%
Volume =	35083,6	m <sup>3</sup>	Volume =	35114,8	m <sup>3</sup>	0,0887329%
Cp =	0,84		Cp =	0,84124		0,1477847%
Cb =	0,837		Cb =	0,83898		0,2363929%
Cm =	0,996		Cm =	0,99731		0,1317119%
Cwp =	0,9		Cwp =	0,89896		-0,1154397%
LCB =	85,265	m	LCB =	86,1968	m	1,0810035%

Terlihat bahwa nilai koefisien perhitungan awal dengan setelah kapal didesain mendapatkan margin yang tidak berbeda signifikan.

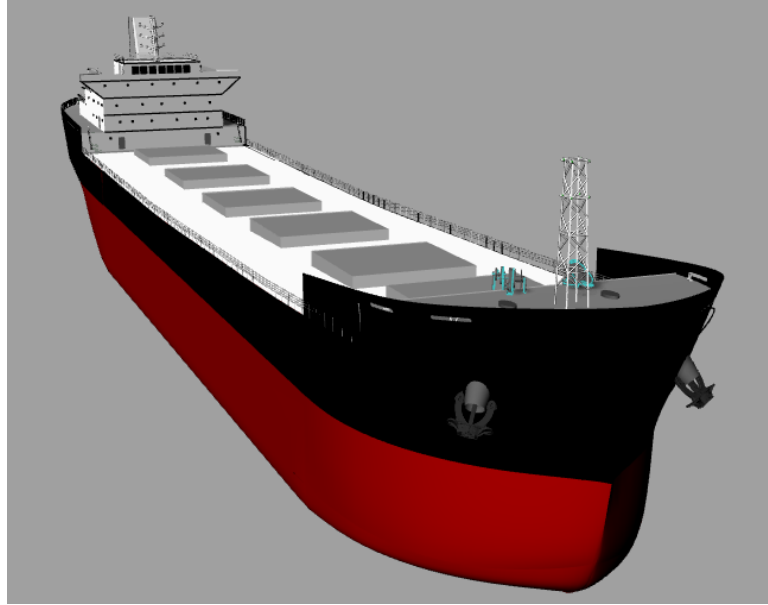
### 5.4. Desain Model 3D

Desain Model 3D dilakukan berdasarkan perencanaan rencana garis dan Rencana Umum. Dalam pembuatan model 3D dilakukan dengan bantuan perangkat lunak Rhinoceros. Langkah awal yang dilakukan adalah mengekspor model lambung kapal dalam bentuk 3D dxf. Pada software Rhinoceros dilakukan finalisasi desain dan rendering. Pemodelan 3D *bulk carrier* dapat dilihat pada Gambar 5.19 dan Gambar 5.20



Gambar 5.19 Tampak Samping





**Gambar 5.20 Tampak Depan**

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 6

### ANALISIS EKONOMIS

#### 6.1. Penentuan Estimasi *Material Cost*

Pada proses pembangunan kapal hal terpenting yaitu kebutuhan material yang harus dipertimbangkan. Kuantitas berat total lambung kapal secara langsung menentukan besarnya biaya kapal. Faktor lain yang dapat mempengaruhi besarnya harga kapal yaitu permesinan yang digunakan, perlengkapan dan peralatan pada kapal. Yang disebut *material cost* merupakan biaya yang diperlukan untuk kebutuhan material yang digunakan dalam membangun kapal. Dalam Tugas Akhir ini *material cost* dibagi menjadi material lambung kapal, material bangunan atas kapal, dan material konstruksi kapal.

##### 1. Estimasi Harga Lambung Kapal

Pada perkiraan harga lambung kapal untuk Tugas Akhir ini digunakan referensi harga baja A36 yang beredar dipasar melalui perusahaan *e-commerce* Alibaba. Pada Tabel 6.1 berikut merupakan perhitungan biaya lambung kapal.

**Tabel 6.1 Estimasi Harga Lambung Kapal**

Item	Value	Unit
Lambung Kapal ( <i>hull</i> )		
(tebal plat lambung = 12 mm, jenis material = A36)		
<i>Sumber : <a href="https://intip.in/bajaA36">https://intip.in/bajaA36</a></i>		
Harga	590	USD/ton
Berat lambung	7,216.71	ton
Harga Lambung Kapal	4,257,863.69	USD

##### 2. Estimasi Harga Bangunan Atas

Berdasarkan referensi harga baja A36 yang ada dipasaran, didapat estimasi harga bangunan atas untuk Tugas Akhir kapal *bulk carrier* ini menggunakan bantuan *website* Alibaba. Pada Tabel 6.2 berikut merupakan perhitungan estimasi harga bangunan atas.

**Tabel 6.2 Estimasi Harga Bangunan Atas**

Item	Value	Unit
Bangunan Atas		
(tebal plat lambung = 10 mm, jenis material = A36)		
<i>Sumber : <a href="https://intip.in/bajaA36">https://intip.in/bajaA36</a></i>		
Harga	590	USD/ton
Berat bangunan atas	270.31	ton
Harga Bangunan Atas	159,486.145	USD

### 3. Estimasi Harga Konstruksi

Pada perhitungan estimasi harga konstruksi didapat harga baja A36 dari *website* Alibaba. Mengutip (Habibie, 2019) dalam Tugas Akhir ini estimasi harga konstruksi diasumsikan sebesar 30% dari total berat lambung kapal. Perhitungan estimasi harga konstruksi ditunjukkan pada Tabel 6.3.

**Tabel 6.3 Estimasi Harga Konstruksi**

Item	Value	Unit
Konstruksi		
(tebal plat = 10 mm, jenis material = A36)		
<i>Sumber : <a href="https://intip.in/bajaA36">https://intip.in/bajaA36</a></i>		
Harga	590	USD/ton
30% (Berat lambung + Bangunan atas)	2,246.11	ton
Harga Bangunan Atas	1,325,204.95	USD

Berdasarkan perhitungan estimasi harga lambung kapal, bangunan atas, dan estimasi harga konstruksi didapat total estimasi *material cost* yaitu 5,742,554.78 USD.

## 6.2. Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Setelah Mendapatkan estimasi biaya dari *material cost*, lalu dilanjutkan dengan perhitungan estimasi biaya pembangunan kapal yaitu mencakup *labour cost*, *overhead cost*, dan *material cost* (H. Schneekluth and V. Bertram, 1998).

### 1. Labour Cost

*Labour cost* merupakan biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pembangunan kapal. Mengutip (Habibie, 2019) dalam Tugas Akhir ini *labour cost* diasumsikan sebesar 20% dari total biaya pembangunan kapal awal seperti yang ditunjukkan pada Tabel 6.4.

**Tabel 6.4 Total Labour Cost**

Item	Value	Unit
Keuntungan Galangan		
20% dari biaya pembangunan awal		
Harga material	5,742,554.78	USD
<i>Total Labour Cost</i>	1,148,510.95	USD

## 2. Overhead Cost

*Overhead cost* merupakan biaya tambahan yang dihitung berdasarkan nilai inflasi dan pajak yang dikenakan untuk pembangunan kapal. Berdasarkan referensi (Habibie, 2019) dalam Tugas Akhir ini *Overhead cost* diasumsikan biaya inflasi sebesar 2% dari biaya pembangunan awal dan biaya pajak sebesar 10% dari biaya pembangunan awal. Pada Tabel 6.5 ditunjukkan estimasi *overhead cost*.

**Tabel 6.5 Total Overhead Cost**

No	Item	Value	Unit
1	Biaya untuk inflasi		
	2% dari biaya pembangunan awal		
	Harga material	5,742,554.78	USD
Biaya untuk inflasi		114,851.09	USD
2	Biaya Pajak Pemerintah		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Harga material	5,742,554.78	USD
Biaya untuk inflasi		574,255.47	USD
<i>Total Overhead Cost</i>		689,106.57	USD

Setelah mendapatkan estimasi biaya tiap – tiap komponen seperti *material cost*, *labour cost*, dan *overhead cost* maka selanjutnya estimasi biaya pembangunan dapat ditunjukkan pada Tabel 6.-6.

**Tabel 6.-6 Estimasi Biaya Pembangunan Kapal**

No	Item	Value	Unit
1	Total <i>material cost</i>	5,742,554.78	USD
2	Total <i>labour cost</i>	1,148,510.95	USD
3	Total <i>overhead cost</i>	689,106.57	USD
Total Biaya Pembangunan Kapal		7,580,172.32	USD

Didapat total estimasi biaya pembangunan kapal *bulk carrier* seharga 7,580,172.32 USD atau dapat dikurs kedalam rupiah menjadi Rp. 106,327,835,163.90, dengan kurs Rupiah terhadap 1 USD adalah Rp 14,027.10.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Kesimpulan**

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

1. Berdasarkan nilai kebutuhan pasokan tiap tahun yang diambil paling besar yaitu 753,861 ton batubara pada tahun 2018. Dan penentuan *payload* kapal dengan perencanaan kapal melakukan 28 *round trip* dari Kalimantan Selatan ke PLTU Pacitan sehingga didapatkan *payload* sebesar 26924 ton batubara,
2. Ukuran utama kapal Setelah dilakukan perhitungan teknis dan telah memenuhi kriteria adalah sebagai berikut.

$$L_{pp} = 162.7 \text{ m}$$

$$\text{Tinggi} = 14.2 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 25.0 \text{ m}$$

$$\text{Sarat} = 10.0 \text{ m}$$

3. Didapat hasil perhitungan teknis sebagai berikut.
  - Nilai hambatan total *bulk carrier* adalah 366.9 kN.
  - Besar nilai MCR *bulk carrier* adalah 6225.1 HP atau 4578.699 kW
  - Daya mesin yang digunakan yaitu 4770 kW atau 6396 HP.
  - Perhitungan *freeboard* telah memenuhi sesuai dengan persyaratan ICLL 1966.
  - Perhitungan stabilitas telah memenuhi persyaratan IS Code dan Grain Code.
  - Perhitungan *deck wetness bulk carrier* pada tinggi gelombang signifikan 4 m telah memenuhi persyaratan sesuai dengan kriteria NORDFORKS 1987 dengan nilai probabilitas 0.039 untuk *heading* 180°, 0.014 untuk *heading* 135°, 0.012 untuk *heading* 90°.

4. Desain Rencana Garis terdapat pada Lampiran D, Rencana Umum terdapat pada Lampiran E, dan 3D model terdapat pada Lampiran F,
5. Biaya pembangunan kapal adalah 7,580,172.32 USD atau Rp 106,327,835,163.90.

## **7.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian Tugas Akhir ini, terdapat saran dari penulis yaitu diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai aspek konstruksi dan kekuatan *bulk carrier* ini mengingat pada Tugas Akhir ini masih terdapat perhitungan secara pendekatan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amri, M. C. A. (2015). *Analisis Penerapan Integrated Tug Barge dan Self Propelled Coal Barge Untuk Angkutan Batubara di perairan Laut Jawa (studi Kasus: Kalimantan Selatan—Jawa Timur)*.
- Bhattacharya, R. (1978). *Dynamic of Marine Vehicles*. New York, United States of America.
- Biro Klasifikasi Indonesia (BKI). (2017) *BKI ( Vol II ) Rules for Hull,2017*. Jakarta: Biro Klasifikasi Indonesia
- DetikFinance, D. (2010). PLTU Pacitan Baru Bisa Beroperasi 7 Juni 2011. Retrieved December 18, 2019, from <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/d-1424745/pltu-pacitan-baru-bisa-beroperasi-7-juni-2011>
- Hardjono, S. (2018). Identifikasi Rasio Dimensi Utama Kapal Kontainer Kelas Small Feeder Untuk Toll Laut Indonesia. *Warta Penelitian Perhubungan*, 28(4).
- Hasan, R. (2019). 10 Negara Penghasil Batu Bara Terbesar di Dunia, Ada Indonesia! : Okezone Economy. Retrieved December 18, 2019, from <https://economy.okezone.com/read/2019/01/31/320/2012015/10-negara-penghasil-batu-bara-terbesar-di-dunia-ada-indonesia>
- Isbester, J. (1993). *Bulk Carrier Practice*.
- Iswara, N. K , (2014). Evaluasi Aspek green water pada Perancangan Drillship Displasemen 35000 Ton. *Jurnal POMITS*. ITS. Surabaya.
- International Maritime Organization (IMO). (1969). *International Convention on Tonnage Measurement of Ships , 1969*. London: Admiralty and Maritime Law Guide.
- International Maritime Organization (IMO). (1988). *Load Lines, 1966/1988—International Convention on Load Lines, 1966, as Amended by the Protocol of 1988*.
- International Maritime Organization (IMO). (1993). *Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered By IMO Instruments*.
- International Maritime Organization (IMO). (1994). *The International Code for the Safe Carriage of Grain in Bulk*.
- Kurniawati, H. A. (2009). *Diktat Kuliah Ship Outfitting*. ITS. Surabaya.
- Malisan, J. (2012). Usulan Penentuan Ukuran Kapal Curah Melalui Pendekatan Statistik. *Badan Litbang Perhubungan Vol. 24, No. 6*.

- Muvariz, M., Wibowo, S., Abdurrahman, N., Saputra, H., Satoto, S., Yuniarsih, N., & Pamungkas, N. (2019). Studi Perhitungan Tahanan Kapal Kontainer 8500 DWT. *Jurnal Teknologi Dan Riset Terapan (JATRA)*, 1(1), 14-19. Retrieved from <https://jurnal.polibatam.ac.id/index.php/JATRA/article/view/1333>
- NORDFORSK (1987). *Assessment of ship performance in a seaway*. Copenhagen, Nordforsk.
- Lamb, T. (Ed.). (2003). *Ship design and construction* (New edition). Jersey City, NJ: Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture*. Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Panunggal, P. E. (2009). *Diktat Kuliah Teori Bangunan Kapal I*. ITS. Surabaya..
- Parsons, M. G. (2001). *Chapter 11 Parametric Design—M.G. Parson*.
- Putra, E. I. (2012). *Analisis Penerapan Continoun Coal Transport Mode Untuk Angkutan Batubara di Sungai*.
- Safiraa, D. (2017). *Analisis Gerakan Kapal Terhadap Deck Wetness dan Bottom Slamming*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Perkapalan. ITS. Surabaya.
- Saputera, A. R., & Hasanudin, H. (2017). Desain Kapal Penyeberangan Sebagai Sarana Transportasi, Rekreasi, dan Edukasi di Pulau Gili Ketapang, Kabupaten Probolinggo, Provinsi Jawa Timur. *Jurnal Teknik ITS*, 6(2), G162–G167.
- Schneekluth, H., & Bertram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Oxford: Reed Educational and Professional Publishing Ltd.
- Soares, C. G., & Teixeira, A. P. (2000). *Structural reliability of two bulk carrier designs*. *Marine Structures*, 13(2), 107-128.
- Sugianto, Y. (2017). *Rangkuman Langkah—Langkah Desain Kapal Menurut Desain Spiral (Intisari Desain Kapal Tanker Dengan Payloa 5000 ton)*.
- Susanto, D. (2017). Kapal Dilarang Berlayar. Retrieved December 18, 2019, from <https://mediaindonesia.com/read/detail/90937-kapal-dilarang-berlayar>
- Susanto, D. (2017). Kapal Dilarang Berlayar. Retrieved December 18, 2019, from <https://mediaindonesia.com/read/detail/90937-kapal-dilarang-berlayar>
- Tahlil, C. N. (2005). *Prediksi Deck Wetness di Gelombang Reguler*. Laporan Tugas Akhir. Jurusan Teknik Perkapalan. ITS. Surabaya.

## **LAMPIRAN**

LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS  
LAMPIRAN B PERHITUNGAN EKONOMIS  
LAMPIRAN C KATALOG  
LAMPIRAN D LINESPLAN  
LAMPIRAN E GENERAL ARRANGEMENT  
LAMPIRAN F 3D MODEL



**LAMPIRAN A**  
**PERHITUNGAN TEKNIS**

- Tinjauan Pelabuhan dan Perencanaan Waktu Tempuh

<b>Tinjauan Dermaga di PLTU Pacitan</b>	
Kecepatan angkut <i>grab</i>	: 19 Ton/2menit
	: 570 Ton/jam
Waktu yang dibutuhkan untuk <i>unloading</i>	: Payload Kapal/Kecepatan angkut <i>grab</i>
	: 47,23442 Jam
	: 1,968101 Hari
	: 2 Hari

<b>Tinjauan Dermaga Pulau Laut Utara</b>	
Kecepatan angkut <i>crane</i>	: 750 Ton/jam
Waktu yang dibutuhkan untuk <i>loading</i>	: Payload Kapal/Kecepatan angkut <i>crane</i>
	: 35,89816 Jam
	: 1,495757
	: 2 Hari

<b>Tinjauan Rute</b>	
Jarak Pulau Laut Utara - PLTU Pacitan	: 638,22 Nautical Mile
	: 1182 Km

<b>Tinjauan Waktu Round Trip</b>	
Kecepatan Kapal	: 12 Knot
	: 22,224 Km/Jam
1 Hari	: 24 jam
Waktu Tempuh Pulau Laut - PLTU Pacitan	: Jarak/Kecepatan Kapal
	: 2,216073 Hari
	: 3 Hari
Total Round Trip	: 2 x Waktu tempuh + Waktu <i>loading</i> + Waktu <i>unloading</i> + <i>Anchor</i>
	: 7,896003 Hari

- Perencanaan *Trip* Kapal

Trip	Kapal datang di dermaga	Status Kapal	Tanggal
		Comissioning	01-Jan-21
		Comissioning	02-Jan-21
		Comissioning	03-Jan-21
		Comissioning	04-Jan-21
		Comissioning	05-Jan-21
		Comissioning	06-Jan-21
1	Pulau Laut	Beroperasi	07-Jan-21
		Beroperasi	08-Jan-21

			Beroperasi	09-Jan-21
			Beroperasi	10-Jan-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	11-Jan-21
			Beroperasi	12-Jan-21
			Beroperasi	13-Jan-21
			Beroperasi	14-Jan-21
2	Pulau Laut		Berlabuh	15-Jan-21
			Berlabuh	16-Jan-21
			Berlabuh	17-Jan-21
			Berlabuh	18-Jan-21
			Beroperasi	19-Jan-21
			Beroperasi	20-Jan-21
			Beroperasi	21-Jan-21
			Beroperasi	22-Jan-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	23-Jan-21
			Beroperasi	24-Jan-21
			Beroperasi	25-Jan-21
			Beroperasi	26-Jan-21
3	Pulau Laut		Berlabuh	27-Jan-21
			Berlabuh	28-Jan-21
			Berlabuh	29-Jan-21
			Berlabuh	30-Jan-21
			Beroperasi	31-Jan-21
			Beroperasi	01-Feb-21
			Beroperasi	02-Feb-21
			Beroperasi	03-Feb-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	04-Feb-21
			Beroperasi	05-Feb-21
			Beroperasi	06-Feb-21
			Beroperasi	07-Feb-21
4	Pulau Laut		Berlabuh	08-Feb-21
			Berlabuh	09-Feb-21
			Berlabuh	10-Feb-21
			Berlabuh	11-Feb-21
			Beroperasi	12-Feb-21
			Beroperasi	13-Feb-21
			Beroperasi	14-Feb-21
			Beroperasi	15-Feb-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	16-Feb-21
			Beroperasi	17-Feb-21
			Beroperasi	18-Feb-21
			Beroperasi	19-Feb-21
5	Pulau Laut		Berlabuh	20-Feb-21
			Berlabuh	21-Feb-21

			Berlabuh	22-Feb-21
			Berlabuh	23-Feb-21
			Beroperasi	24-Feb-21
			Beroperasi	25-Feb-21
			Beroperasi	26-Feb-21
			Beroperasi	27-Feb-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	28-Feb-21
			Beroperasi	01-Mar-21
			Beroperasi	02-Mar-21
			Beroperasi	03-Mar-21
6	Pulau Laut		Berlabuh	04-Mar-21
			Berlabuh	05-Mar-21
			Berlabuh	06-Mar-21
			Berlabuh	07-Mar-21
			Beroperasi	08-Mar-21
			Beroperasi	09-Mar-21
			Beroperasi	10-Mar-21
			Beroperasi	11-Mar-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	12-Mar-21
			Beroperasi	13-Mar-21
			Beroperasi	14-Mar-21
			Beroperasi	15-Mar-21
7	Pulau Laut		Berlabuh	16-Mar-21
			Berlabuh	17-Mar-21
			Berlabuh	18-Mar-21
			Berlabuh	19-Mar-21
			Beroperasi	20-Mar-21
			Beroperasi	21-Mar-21
			Beroperasi	22-Mar-21
			Beroperasi	23-Mar-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	24-Mar-21
			Beroperasi	25-Mar-21
			Beroperasi	26-Mar-21
			Beroperasi	27-Mar-21
8	Pulau Laut		Berlabuh	28-Mar-21
			Berlabuh	29-Mar-21
			Berlabuh	30-Mar-21
			Berlabuh	31-Mar-21
			Beroperasi	01-Apr-21
			Beroperasi	02-Apr-21
			Beroperasi	03-Apr-21
			Beroperasi	04-Apr-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	05-Apr-21
			Beroperasi	06-Apr-21



			Beroperasi	07-Apr-21	
			Beroperasi	08-Apr-21	
9	Pulau Laut		Berlabuh	09-Apr-21	
			Berlabuh	10-Apr-21	
			Berlabuh	11-Apr-21	
			Berlabuh	12-Apr-21	
			Beroperasi	13-Apr-21	
			Beroperasi	14-Apr-21	
			Beroperasi	15-Apr-21	
			Beroperasi	16-Apr-21	
		PLTU Pacitan		Beroperasi	17-Apr-21
				Beroperasi	18-Apr-21
				Beroperasi	19-Apr-21
				Beroperasi	20-Apr-21
10	Pulau Laut		Berlabuh	21-Apr-21	
			Berlabuh	22-Apr-21	
			Berlabuh	23-Apr-21	
			Berlabuh	24-Apr-21	
			Beroperasi	25-Apr-21	
			Beroperasi	26-Apr-21	
			Beroperasi	27-Apr-21	
			Beroperasi	28-Apr-21	
		PLTU Pacitan		Beroperasi	29-Apr-21
				Beroperasi	30-Apr-21
				Beroperasi	01-Mei-21
				Beroperasi	02-Mei-21
11	Pulau Laut		Berlabuh	03-Mei-21	
			Berlabuh	04-Mei-21	
			Berlabuh	05-Mei-21	
			Berlabuh	06-Mei-21	
			Beroperasi	07-Mei-21	
			Beroperasi	08-Mei-21	
			Beroperasi	09-Mei-21	
			Beroperasi	10-Mei-21	
		PLTU Pacitan		Beroperasi	11-Mei-21
				Beroperasi	12-Mei-21
				Beroperasi	13-Mei-21
				Beroperasi	14-Mei-21
12	Pulau Laut		Berlabuh	15-Mei-21	
			Berlabuh	16-Mei-21	
			Berlabuh	17-Mei-21	
			Berlabuh	18-Mei-21	
			Beroperasi	19-Mei-21	
			Beroperasi	20-Mei-21	

			Beroperasi	21-Mei-21
			Beroperasi	22-Mei-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	23-Mei-21
			Beroperasi	24-Mei-21
			Beroperasi	25-Mei-21
			Beroperasi	26-Mei-21
13	Pulau Laut		Berlabuh	27-Mei-21
			Berlabuh	28-Mei-21
			Berlabuh	29-Mei-21
			Berlabuh	30-Mei-21
			Beroperasi	31-Mei-21
			Beroperasi	01-Jun-21
			Beroperasi	02-Jun-21
			Beroperasi	03-Jun-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	04-Jun-21
			Beroperasi	05-Jun-21
			Beroperasi	06-Jun-21
			Beroperasi	07-Jun-21
14	Pulau Laut		Berlabuh	08-Jun-21
			Berlabuh	09-Jun-21
			Berlabuh	10-Jun-21
			Berlabuh	11-Jun-21
			Beroperasi	12-Jun-21
			Beroperasi	13-Jun-21
			Beroperasi	14-Jun-21
			Beroperasi	15-Jun-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	16-Jun-21
			Beroperasi	17-Jun-21
			Beroperasi	18-Jun-21
			Beroperasi	19-Jun-21
15	Pulau Laut		Berlabuh	20-Jun-21
			Berlabuh	21-Jun-21
			Berlabuh	22-Jun-21
			Berlabuh	23-Jun-21
			Beroperasi	24-Jun-21
			Beroperasi	25-Jun-21
			Beroperasi	26-Jun-21
			Beroperasi	27-Jun-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	28-Jun-21
			Beroperasi	29-Jun-21
			Beroperasi	30-Jun-21
			Beroperasi	01-Jul-21
16	Pulau Laut		Berlabuh	02-Jul-21
			Berlabuh	03-Jul-21

			Berlabuh	04-Jul-21	
			Berlabuh	05-Jul-21	
			Beroperasi	06-Jul-21	
			Beroperasi	07-Jul-21	
			Beroperasi	08-Jul-21	
			Beroperasi	09-Jul-21	
		PLTU Pacitan	Beroperasi	10-Jul-21	
			Beroperasi	11-Jul-21	
			Beroperasi	12-Jul-21	
			Beroperasi	13-Jul-21	
17	Pulau Laut		Berlabuh	14-Jul-21	
			Berlabuh	15-Jul-21	
			Berlabuh	16-Jul-21	
			Berlabuh	17-Jul-21	
			Beroperasi	18-Jul-21	
			Beroperasi	19-Jul-21	
			Beroperasi	20-Jul-21	
			Beroperasi	21-Jul-21	
			PLTU Pacitan	Beroperasi	22-Jul-21
				Beroperasi	23-Jul-21
				Beroperasi	24-Jul-21
				Beroperasi	25-Jul-21
18	Pulau Laut		Berlabuh	26-Jul-21	
			Berlabuh	27-Jul-21	
			Berlabuh	28-Jul-21	
			Berlabuh	29-Jul-21	
			Beroperasi	30-Jul-21	
			Beroperasi	31-Jul-21	
			Beroperasi	01-Agu-21	
			Beroperasi	02-Agu-21	
			PLTU Pacitan	Beroperasi	03-Agu-21
				Beroperasi	04-Agu-21
				Beroperasi	05-Agu-21
				Beroperasi	06-Agu-21
19	Pulau Laut		Berlabuh	07-Agu-21	
			Berlabuh	08-Agu-21	
			Berlabuh	09-Agu-21	
			Berlabuh	10-Agu-21	
			Beroperasi	11-Agu-21	
			Beroperasi	12-Agu-21	
			Beroperasi	13-Agu-21	
			Beroperasi	14-Agu-21	
			PLTU Pacitan	Beroperasi	15-Agu-21
				Beroperasi	16-Agu-21

			Beroperasi	17-Agu-21
			Beroperasi	18-Agu-21
20	Pulau Laut		Berlabuh	19-Agu-21
			Berlabuh	20-Agu-21
			Berlabuh	21-Agu-21
			Berlabuh	22-Agu-21
			Beroperasi	23-Agu-21
			Beroperasi	24-Agu-21
			Beroperasi	25-Agu-21
			Beroperasi	26-Agu-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	27-Agu-21
			Beroperasi	28-Agu-21
			Beroperasi	29-Agu-21
			Beroperasi	30-Agu-21
21	Pulau Laut		Berlabuh	31-Agu-21
			Berlabuh	01-Sep-21
			Berlabuh	02-Sep-21
			Berlabuh	03-Sep-21
			Beroperasi	04-Sep-21
			Beroperasi	05-Sep-21
			Beroperasi	06-Sep-21
			Beroperasi	07-Sep-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	08-Sep-21
			Beroperasi	09-Sep-21
			Beroperasi	10-Sep-21
			Beroperasi	11-Sep-21
22	Pulau Laut		Berlabuh	12-Sep-21
			Berlabuh	13-Sep-21
			Berlabuh	14-Sep-21
			Berlabuh	15-Sep-21
			Beroperasi	16-Sep-21
			Beroperasi	17-Sep-21
			Beroperasi	18-Sep-21
			Beroperasi	19-Sep-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	20-Sep-21
			Beroperasi	21-Sep-21
			Beroperasi	22-Sep-21
			Beroperasi	23-Sep-21
23	Pulau Laut		Berlabuh	24-Sep-21
			Berlabuh	25-Sep-21
			Berlabuh	26-Sep-21
			Berlabuh	27-Sep-21
			Beroperasi	28-Sep-21
			Beroperasi	29-Sep-21

			Beroperasi	30-Sep-21
			Beroperasi	01-Okt-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	02-Okt-21
			Beroperasi	03-Okt-21
			Beroperasi	04-Okt-21
			Beroperasi	05-Okt-21
24	Pulau Laut		Berlabuh	06-Okt-21
			Berlabuh	07-Okt-21
			Berlabuh	08-Okt-21
			Berlabuh	09-Okt-21
			Beroperasi	10-Okt-21
			Beroperasi	11-Okt-21
			Beroperasi	12-Okt-21
			Beroperasi	13-Okt-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	14-Okt-21
			Beroperasi	15-Okt-21
			Beroperasi	16-Okt-21
			Beroperasi	17-Okt-21
25	Pulau Laut		Berlabuh	18-Okt-21
			Berlabuh	19-Okt-21
			Berlabuh	20-Okt-21
			Berlabuh	21-Okt-21
			Beroperasi	22-Okt-21
			Beroperasi	23-Okt-21
			Beroperasi	24-Okt-21
			Beroperasi	25-Okt-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	26-Okt-21
			Beroperasi	27-Okt-21
			Beroperasi	28-Okt-21
			Beroperasi	29-Okt-21
26	Pulau Laut		Berlabuh	30-Okt-21
			Berlabuh	31-Okt-21
			Berlabuh	01-Nov-21
			Berlabuh	02-Nov-21
			Beroperasi	03-Nov-21
			Beroperasi	04-Nov-21
			Beroperasi	05-Nov-21
			Beroperasi	06-Nov-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	07-Nov-21
			Beroperasi	08-Nov-21
			Beroperasi	09-Nov-21
			Beroperasi	10-Nov-21
27	Pulau Laut		Berlabuh	11-Nov-21
			Berlabuh	12-Nov-21

			Berlabuh	13-Nov-21
			Berlabuh	14-Nov-21
			Beroperasi	15-Nov-21
			Beroperasi	16-Nov-21
			Beroperasi	17-Nov-21
			Beroperasi	18-Nov-21
		PLTU Pacitan	Beroperasi	19-Nov-21
			Beroperasi	20-Nov-21
			Beroperasi	21-Nov-21
			Beroperasi	22-Nov-21
28	Pulau Laut		Berlabuh	23-Nov-21
			Berlabuh	24-Nov-21
			Berlabuh	25-Nov-21
			Berlabuh	26-Nov-21
			Beroperasi	27-Nov-21
			Beroperasi	28-Nov-21
			Beroperasi	29-Nov-21
			Beroperasi	30-Nov-21
			PLTU Pacitan	Beroperasi
			Docking	02-Des-21
			Docking	03-Des-21
			Docking	04-Des-21
			Docking	05-Des-21
			Docking	06-Des-21
			Docking	07-Des-21
			Docking	08-Des-21
			Docking	09-Des-21
			Docking	10-Des-21
			Docking	11-Des-21
			Docking	12-Des-21
			Docking	13-Des-21
			Docking	14-Des-21
			Docking	15-Des-21
			Docking	16-Des-21
			Docking	17-Des-21
			Docking	18-Des-21
			Docking	19-Des-21
			Docking	20-Des-21
			Docking	21-Des-21
			Docking	22-Des-21
			Docking	23-Des-21
			Docking	24-Des-21
			Docking	25-Des-21
			Docking	26-Des-21

			Docking	27-Des-21
			Docking	28-Des-21
			Docking	29-Des-21
			Docking	30-Des-21
			Docking	31-Des-21

- *Owner Requirement*

Jenis Kapal	Bulk Carrier	
Payload	26924	ton
Jenis Muatan	Batu Bara	
Masa Jenis Muatan	1,105	ton/m <sup>3</sup>
Kecepatan Dinas	12	Knot
	22,224	km/h
	6,1728	m/s
Rute pelayaran	Terminal Pulau Laut - PLTU Pacitan	
Radius Pelayaran	1182,00	Km
	638,22	mil laut
Lama Pelayaran	2	Hari
Daerah pelayaran	Nasional	

Penentuan Nilai DWT

$$\begin{aligned} \text{DWT} &= 110\% \text{ Payload} \\ &= 29616 \text{ ton} \end{aligned}$$

- *Perhitungan Koefisien*

Main Dimension

$L_o =$	162,700	m	$L_o/B_o$	=	6,508
$H_o =$	14,200	m	$B_o/T_o$	=	2,490318
$B_o =$	25,000	m	$T_o/H_o$	=	0,706963
$T_o =$	10,039	m	$V_s =$	12	Knot
$Lwl =$	169,208	m	$V_s =$	6,1728	m/s
$L/16 =$	10,16875		$\rho =$	1,025	ton/m <sup>3</sup>
$Fn_o =$	0,1515		DWT	=	21539 ton

Froude Number			
$F_{n_0} = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$		$g = 9,81 \text{ m/s}^2$	
$F_{n_0} = 0,1515$		$0,15 \leq F_n \leq 0,3$	
Main Dimensions Ratio			
Perbandingan	Nilai	Batas	Keterangan
$L_0/B_0 =$	6,51	$5.1 < L/B < 7.1$	OK
$B_0/T_0 =$	2,49	$2.4 < B/T < 3.2$	OK
$L_0/T_0 =$	16,21	$10 < L/T < 30$	OK
$L/H =$	11,46	$L/H < 16$	OK
$B/H =$	1,76	$1.65 < B/H < 1.88$	OK

- Block Coefficient (Schneekluth) :

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

$$C_B \text{ Calculation} = 0,8389833$$

$$C_B \text{ Used} = 0,839$$

- Midship Section Coefficient (Series 60')

$$0.977 + 0.085(C_B -$$

$$C_m = 0.6)$$

$$= 0,9973$$

- Deadweight Coefficient

$$C_d = \text{DWT/Displ}$$

$$= 0,59842487$$

- Waterplan Coefficient

$$C_{wp} = \frac{C_B}{(0.471 + 0.551$$

$$C_B)$$

$$= 0,899$$

- tankers, bulk carriers

- Longitudinal Center of Bouyancy (LCB) (Schneekluth)

$$\text{LCB} = 8.80 - 38.9 F_n$$

$$= 2,906 \text{ \%L}_{WL} \quad \text{LCB from midship}$$

$$= 86,197 \text{ m} \quad \text{LCB from AP}$$

$$\frac{\text{LPP}}{2} + (\% * \text{Lwl})$$



- Prismatic Coefficient

$$C_p = \frac{C_b}{C_m}$$

$$= 0,841$$

- $L_{WL}$

$$L_{WL} = 102\%L_{pp}$$

$$= 166,7675 \text{ m}$$

$\nabla$  (m<sup>3</sup>)

- 

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

$$= 35114,779 \text{ m}^3$$

- $\Delta$  (ton)

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

$$= 35992,649 \text{ ton}$$

- Perhitungan Hambatan

Input Data :

$L_o =$	162,70 m	$C_b =$	0,839
$H_o =$	14,200 m	$C_m =$	0,997
$B_o =$	25,00 m	$C_{wp} =$	0,899
$T_o =$	10,039 m	$C_p =$	0,841
$Fn =$	0,152	$V_s =$	6,1728 m/s

Choice

No.	$C_{stern}$	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

Calculation:

Viscos Resistance Factor

$$L_{wl} = 104\% \cdot L_{pp} = 169,208 \text{ m}$$

$$Fn = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} = 0,152$$

- $C_{F0}$  ( Friction Coefficient - ITTC 1957)

$$R_n = L_{wl} \cdot \frac{V_s^2}{\nu}$$

$$= 878968570,83$$

$$C_{FS} = \frac{0.075}{(\log_{10} R_{ns} - 2)^2}$$

where

$$R_{nS} = \frac{V_S L_S}{\nu_S}$$

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

$$= 0,001555$$

- $1 + k_1$

$$1 + k_1 = 0,93 + 0,487C \left(\frac{B}{L}\right)^{1,0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0,4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0,1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right) \cdot 0,3649 (1 - C_p)^{-0,6042}$$

$$= 1,334$$

$$C = 1 + 0,011 C_{stern}$$

$$C_{stern} = 0, \text{ Form of Afterbody normal}$$

$$= 1$$

$$\frac{L_R}{L} = 1 - C_p + \frac{0,06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$$

$$= 0,214$$

$$Lw^3 / V = 137,966$$

### Resistance of Appendages Factor

- Wetted Surface Area

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

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

$$= 0$$

No Bulbous

- Bow

$$S = L(2T+B)C_M^{0,5} (0,4530 + 0,4425C_B - 0,2862C_M - 0,003467\frac{B}{T} + 0,3696C_{WP}) + 2,38\frac{A_{BT}}{C_B}$$

$$= 6569,445$$

$$S_{Rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1,75 \cdot L \cdot T}{100} \quad (\text{Size of Rudder Area})$$

$$= 28,58319709$$

$$S_{Bilge Keel} = L_{Keel} \cdot H_{Keel} \cdot 4$$

$$= 0,000$$

- No Bilge Keel

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

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

$$= 28,583$$

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

$$= S + S_{app}$$

$$= 6598,028$$

- $1 + k_2$

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

$$= 1,4 \quad \rightarrow \text{rudder of single screw ship}$$

$$(1+k_2) = 1.3 - 1.5 \rightarrow \text{for Bilge Keel}$$

$$= \frac{1,4}{1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \frac{S_{\text{app}}}{S_{\text{tot}}}}$$

Form Factor(1+k) =

$$= 1,33403257$$

### Wave Making Resistance

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

$$= 4,774 \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25$$

$$C_4 = B/L = 0,148$$

Even Keel  $\rightarrow$

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

$$= 56,614$$

- $m_1$

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

$$= -1,946$$

$$C_5 = 1.7301 - 0.7067 C_p \rightarrow C_p > 0.8$$

$$= 1,136$$

- $m_2$

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

$$= -0,0000000311$$

$$C_6 = -1,69385 \quad ; \text{ untuk } LWL3/V \leq 512$$

$$F_n = \frac{V}{\sqrt{g L}} = \frac{13.29}{\sqrt{9.81 \cdot 7}} = 0,00000$$

$$\frac{L^3}{\nabla} = 137,966$$

- $\lambda$

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B$$

$$= 1,013 \quad \rightarrow L/B \leq 12$$

- $C_2$

$$C_2 = 1$$

$$d = -0,9$$

- $C_3$

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

$$A_T = 0$$

$A_T =$  the immersed area of the transom at zero speed

Saa

t V 0, Transom is not a

= wetted

area

- 

$$e^{\{m_1 \cdot F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

$$m_1 \cdot F_n^d = -10,63684035$$

$$m_2 \cos(\lambda F_n^{-2}) = -3,06354E-08$$

$$e^{\{m_1 \cdot F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

$$= 2,40148E-05$$

- $\frac{R_W}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 \cdot F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$

$$= 0,0001147$$

### Total Resistance

- $C_A$  (Correlation Allowance)

$$0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} -$$

$$C_A = 0.00205$$

$$= 0,0004$$

$$\rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04$$

$$0,05$$

$$Tf/Lwl = 9$$

- W (Weight)

$$\rho \cdot g \cdot \nabla$$

$$W =$$

$$= 292243,865 \text{ N}$$

- $R_{total}$

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

$$= 319048,85955542 \text{ N}$$

$$= 319,04885956 \text{ kN}$$

- $R_{total} + 15\%$  (margin)

$$= 366,90618849 \text{ kN}$$

- Perhitungan Daya

Required Value			
RT	=	366906,188	N
V	=	6,173	m/s
Cb	=	0,839	
1+k	=	1,334	
Cf	=	0,0016	
Ca	=	0,0004	
D	=	65% - 70% T	
D	=	6,525271089	m
D diambil	=	6,2	m
Z	=	4	
$\rho$	=	1,025	kg/(m <sup>3</sup> )
n (rpm)	=	150	
Fn	=	0,15150859	

#### Definitions

$\eta_b$	=	line bearing efficiency
$\eta_c$	=	electric transmission/power conversion efficiency
$\eta_g$	=	reduction gear efficiency
$\eta_{gen}$	=	en electric generator efficiency
$\eta_h$	=	hull efficiency = $(1 - t)/(1 - w)$
$\eta_m$	=	electric motor efficiency
$\eta_o$	=	propeller open water efficiency
$\eta_p$	=	propeller behind condition efficiency
$\eta_r$	=	relative rotative efficiency
$\eta_s$	=	stern tube bearing efficiency
$\eta_t$	=	overall transmission efficiency

#### Effective Horse Power

$$\begin{aligned} \text{EHP} &= RT \times v / 1000 && (\text{parametric design hal 11-27}) \\ &= 2264,839 \text{ KW} \end{aligned}$$

#### Thrust Horse Power

$$\begin{aligned} \text{THP} &= \text{TVA} / 1000 && (\text{parametric design hal 11-27}) \\ \text{T} &= RT / (1 - t) && (\text{parametric design hal 11-27}) \end{aligned}$$

$V_A$	=	$V (1 - w)$		<i>(parametric design hal 11-27)</i>
$C_v$	=	$(1 + k) C_F + C_A$		<i>( PNA vol 2 hal 162 )</i>
$C_v$	=	0,00247593		
$w$	=	$0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$		<i>( PNA vol 2 hal 163 )</i>
	=	0,172467665		
$t$	=	0,1		<i>( PNA vol 2 hal 163 )</i>
$\eta_h$	=	$(1 - t)/(1 - w)$		<i>(parametric design hal 11-29)</i>
	=	1,087570795		
THP	=	2082,475	KW	

#### Delivery Horse Power

DHP	=	$THP/\eta_p$		<i>(parametric design hal 11-29)</i>
$\eta_o$	=	0,6		<i>( PNA vol 2 hal 161 )</i>
$\eta_r$	=	0,98		<i>( PNA vol 2 hal 163 )</i>
$\eta_p$	=	$\eta_o \eta_r$		<i>(parametric design hal 11-27)</i>
$\eta_p$	=	0,588		
DHP	=	3541,623	KW	

#### Shaft Power Horse

SHP	=	$DHP/(\eta_b \eta_s)$	[65]	<i>(parametric design hal 11-29)</i>
$\eta_b \eta_s$	=	untuk mesin aft	[71]	<i>(parametric design hal 11-31)</i>
	=	0,98		
SHP	=	3613,901	KW	

#### Brake Power Horse

BHP	=	$SHP/(\eta_T)$	[66]	<i>(parametric design hal 11-29)</i>
$\eta_T$	=	low speed diesel		<i>(parametric design hal 11-33)</i>
	=	0,975		
BHP	=	3706,566	KW	

#### Engine Power Requirement

Main Engine Power	=	4578,699	KW		6225,199	HP
Generator Power	=	24% Main Engine Power				
	=	1098,888	KW	=	1494,048	HP

Maximum Continues Rates

MCR	=	$PB \cdot (1+MD) / (1-MS)$		<i>(parametric design hal 11-31)</i>
MCR	=	4578,699	KW	<i>(parametric design hal 11-30)</i>
	=	6225,199	HP	

• Perhitungan Berat Permesinan

Propulsion unit

Engine weight

$$W_{\text{engine}} = 57,4 \text{ ton} \quad \text{catalogue}$$

Gearbox

$$W_{\text{gearbox}} = 21,051 \text{ ton} \quad \text{catalogue}$$

Shafting

l = shaft length

$$l = 6 \text{ m} \quad \text{catalogue}$$

n = propeller speed

$$n = 199 \text{ rpm} \quad \text{catalogue}$$

$$M / l = 0.081 (P_b/n)^{2/3} \quad \text{(The Associated Weight)}$$

$$M / l = 0,552143 \text{ ton/m}$$

$$W_{\text{shaft}} = (M / l) \times l$$

$$W_{\text{shaft}} = 3,312855 \text{ ton}$$

Propeller

Propeller dimensions

$$D = 0.6T - 0.65T$$

$$D = 6,274299 \text{ m} = 6 \text{ m} \quad \text{catalogue}$$

$$V = 0.01 \times D^3 \quad \text{propeller displacement}$$

$$V = 2,16 \text{ m}^3$$

$$P/D = 0.5 - 1.4$$

$$P/D = 1$$

$$z = 4 \text{ blade}$$

$$A_E/A_0 = 0,5 \quad \text{assumption}$$

Propeller weight

$$K = 0.18 (A_E/A_0) - (z - 2)/100 \quad \text{(k=Fixed Pitch Propeller)}$$

$$K = 0,07$$

$$W_{\text{prop}} = D^3 \times K \times V$$

$$W_{\text{prop}} = 37,34629 \text{ ton} = 10,9 \text{ ton} \quad \text{catalogue}$$

(weight include shaft and stern tube)

Propulsion weight

$$W_{tot} = 89,351 \text{ ton}$$

Electical unit

Generator weight

$$n_{genset} = 3 \quad \text{main, break and reserved generator}$$

$$W_{tot} = n \times W_{genset}$$

$$W_{tot} = 63,153 \text{ ton}$$

Other weight

$$M = 0.04P_{engine} - 0.07P_{engine}$$

$$M = 286,2$$

Total weight

$$W_{tot} = 438,704 \text{ ton}$$

Center of machinery weight

$$h_{DB} = B/20$$

$$h_{DB} = 1,25 \text{ m}$$

$$h_{DB} = (350 + 45 B)/1000$$

$$h_{DB} = 1,475 \text{ m}$$

$$h_{DB} = 1,475 \text{ m} \quad - \quad 2,98 \text{ m} \quad \sim \quad h_{DB} = 1,5 \text{ m}$$

$$D' = H$$

$$D' = 14,20 \text{ m}$$

Vertical

$$VCG_M = h_{DB} + 0.35 (D' - h_{DB})$$

$$VCG_M = 5,945 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_M = \text{at near the after end of main engine}$$

$$b = \text{AP to tip of propeller shaft}$$

$$b = 0.35 T$$

$$b = 3,513608 \text{ m}$$

$$LCG_M = b + L_{sterntube} + \text{shaft length at machinery room}$$

$$LCG_M = 9,513608 \text{ m}$$



- Perhitungan Berat Kapal

Structure Weight Calculation

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

Input Data :

$L_o =$	162,700 m		
$L_{WL} =$	169,208 m	$0.96 * L_{WL}$	162,4397
$H_o =$	14,200 m	$0.97 * L_{WL}$	164,1318
$B_o =$	25,000 m	Lc	129,71
$T_o =$	10,039 m		
$F_n =$	0,152		
$C_B =$	0,839		
LCB =	2,591 L		

Volume Superstructure

- Volume Forecastle

Length ( $L_f$ ) =	8%.L
Length ( $L_f$ ) =	13,016 m
Length ( $L_f$ ) yang diambil=	14,000 m
Length ( $L_f$ ) taken =	23 frame spacing
Breadth ( $B_f$ ) =	0.5B
Breadth ( $B_f$ ) taken =	12,500 m
Height ( $h_f$ ) =	2.5-2.4 m

$$\begin{aligned} \text{Height (h}_f\text{)} &= 2,5 \text{ m} \\ \text{Height (h}_f\text{) taken} &= 2,5 \text{ m} \\ V_{\text{Forecastle}} &= 0,5 \cdot L_f \cdot B_f \cdot h_f \\ V_{\text{Forecastle}} &= 218,75 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Poop bki

$$\begin{aligned} \text{Length (L}_p\text{)} &= 20\% \cdot L \\ \text{Length (L}_p\text{)} &= 32,54 \text{ m} \\ \text{Length (L}_p\text{) yang diambil} &= 33,00 \text{ m} \\ \text{Length (L}_p\text{) taken} &= 55,00 \text{ frame spacing} \\ \text{Breadth (B}_p\text{)} &= 0,8 \cdot B \\ \text{Breadth (B}_p\text{)} &= 20,000 \text{ m} \\ \text{Height (h}_p\text{)} &= 2,4-2,5 \\ \text{Height (h}_p\text{) taken} &= 2,5 \text{ m} \\ V_{\text{Poop}} &= 0,5 \cdot L_p \cdot h_p \cdot (B_p + 0,5 \cdot B_p) \\ V_{\text{Poop}} &= 1237,5 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Total Volume of Superstructure

$$\begin{aligned} V_A &= V_{\text{Forecastle}} + V_{\text{Poop}} \\ V_A &= 1456,25 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Volume Deckhouse

- Volume Deck B short

$$\begin{aligned} \text{Length (L}_{D2}\text{)} &= 14,4\% \cdot L \\ \text{Length (L}_{D2}\text{)} &= 23,429 \text{ m} \\ \text{Length (L}_{D2}\text{)} &= 24,000 \text{ m} \\ \text{Length (L}_{D2}\text{) taken} &= 40,000 \text{ frame spacing} \\ \text{Breadth (B}_{D2}\text{) taken} &= 18,000 \text{ m} \quad \text{Gangway} = 1,75 \text{ m} \\ \text{Height (h}_{D2}\text{) taken} &= 2,5 \text{ m} \quad \text{Assumption} \\ \text{Height (h}_{D2}\text{)} &= 2,5 \text{ m} \\ V_{\text{DH-layer II}} &= L_{D2} \cdot B_{D2} \cdot h_{D2} \\ V_{\text{DH-layer II}} &= 1080,00 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

- Volume Deck C

$$\begin{aligned}
\text{Length (L}_{D3}) &= 10.2\%.L \\
\text{Length (L}_{D3}) &= 16,5954 \text{ m} \\
\text{Length (L}_{D3}) &= 17,400 \text{ m} \\
\text{Length (L}_{D3}) \text{ taken} &= 29,000 \text{ frame spacing} \\
\text{Breadth (B}_{D3}) & \\
\text{taken} &= 16,000 \text{ m} \quad \text{Assumption} \\
\text{Height (h}_{D3}) &= 2,5 \text{ m} \quad \text{Assumption} \\
\text{Height (h}_{D3}) \text{ taken} &= 2,5 \text{ m} \\
V_{\text{DH-layer III}} &= L_{D3} \cdot B_{D3} \cdot h_{D3} \\
V_{\text{DH-layer III}} &= 696 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

- Volume Deck D

$$\begin{aligned}
\text{Length (L}_{D4}) &= 7.2\%.L \\
\text{Length (L}_{D4}) &= 11,7144 \text{ m} \\
\text{Length (L}_{D4}) &= 12,000 \text{ m} \\
\text{Length (L}_{D4}) &= 20,0 \text{ frame spacing} \\
\text{Breadth (B}_{D4}) & \\
\text{taken} &= 13,000 \text{ m} \quad \text{Assumption} \\
\text{Height (h}_{D4}) \text{ taken} &= 2,5 \text{ m} \quad \text{Assumption} \\
V_{\text{DH-layer IV}} &= L_{D4} \cdot B_{D4} \cdot h_{D4} \\
V_{\text{DH-layer IV}} &= 390 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

- Volume wheel house

$$\begin{aligned}
\text{Length (L}_{\text{WH}}) &= 4.8\%.L \\
\text{Length (L}_{\text{WH}}) &= 7,8096 \text{ m} \\
\text{Length (L}_{\text{WH}}) &= 8,400 \text{ m} \\
\text{Length (L}_{\text{WH}}) &= 14 \text{ frame spacing} \\
\text{Breadth (B}_{\text{WH}}) & \\
\text{taken} &= 11,400 \text{ m} \quad \text{Assumption} \\
\text{Height (h}_{\text{WH}}) &= 2,5 \text{ m} \quad \text{Assumption} \\
V_{\text{DH-wheel house}} &= L_{\text{WH}} \cdot B_{\text{WH}} \cdot h_{\text{WH}} \\
V_{\text{DH-wheel house}} &= 239,4 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

- Total Volume of Deckhouses

$$\begin{aligned}
V_{\text{DH}} &= V_{\text{DH-layer II}} + V_{\text{DH-layer III}} + V_{\text{DH-layer IV}} + V_{\text{DH-wheel house}} \\
V_{\text{DH}} &= 2405,40 \text{ m}^3
\end{aligned}$$

Structural Weight

- corrected depth due to superstructure and deckhouses volume  
 $D_A = H + (V_A + V_{DH}) / (L * B)$   
 $D_A = 15,1494 \text{ m}$
- $C_{SO} = 0,07$   
 $C_{SO} = 0,07 \text{ t/m}^3$
- $\Delta_{kapal} = 29790,4 \text{ ton}$
- $U = \log \left( \frac{\Delta}{100} \right)$   
 $U = 2,474$
- $C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0,5U + 0,1U^{2,8})}$   
 $C_S = 0,114$
- Margin = 3%
- $W_{ST} = L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S$   
 $= 7216,72 \text{ ton}$

Weight of superstructures

Weight

(Ship Design for Efficiency and Economy page 172)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship 60 - 70 kg/m<sup>3</sup>  
 For large cargo ships, large tanker, etc 80 - 90 kg/m<sup>3</sup>  
 Therefore, for this desain, it is used 70 kg/m<sup>3</sup>

• SUPERSTRUCTURE

•

POOP

$L_{poop} = 33,000 \text{ m}$   
 $B_{poop} = 20,000 \text{ m}$   
 $V_{poop} = 1237,500 \text{ m}^2$   
 $W_{poop} = 86,625 \text{ ton}$

• FORECASTLE

$L_{forecasle} = 14,000 \text{ m}$   
 $B_{forecasle} = 12,500 \text{ m}$   
 $V_{forecasle} = 218,75 \text{ m}^2$   
 $W_{forecasle} = 15,3125 \text{ ton}$

Superstructure Weight

-  $W_{SS} = 101,938 \text{ ton}$

Weight of deckhouses

Weight

(Ship Design for Efficiency and Economy page 172)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship 60 - 70 kg/m<sup>3</sup>  
 For large cargo ships, large tanker, etc 80 - 90 kg/m<sup>3</sup>  
 Therefore, for this desain, it is used 70 kg/m<sup>3</sup>

• DECKHOUSE

Layer II		Layer III	
$L_{DH II}$ =	24,000 m	$L_{DH III}$ =	17,400 m
$B_{DH II}$ =	18,000 m	$B_{DH III}$ =	16,000 m
$V_{DH II}$ =	1080,000 m <sup>2</sup>	$V_{DH III}$ =	696,000 m <sup>2</sup>
$W_{DH II}$ =	75,600 ton	$W_{DH III}$ =	48,720 ton
Layer IV		Wheel House	
$L_{DH IV}$ =	12,000 m	$L_{WH}$ =	8,400 m
$B_{DH IV}$ =	13,000 m	$B_{WH}$ =	11,400 m
$V_{DH IV}$ =	390,00 m <sup>2</sup>	$V_{WH}$ =	239,400 m <sup>2</sup>
$W_{DH IV}$ =	27,300 ton	$W_{WH}$ =	16,758 ton

Deckhouse Weight

-  $W_{DH}$   
= 168,378 ton

Weight of basic hull

$W_{hull} = W_{ST} - W_{fc} - W_{poop} - W_{dh}$   
 $W_{hull} = 6946,403 \text{ ton}$

Center of superstructure structural weight

Forecastle

Vertical

$VCG_{fc} = H + 0.5 h_{fc}$   
 $VCG_{fc} = 15,45 \text{ m}$

Longitudinal

from AP

$LCG_{fc} = L_{pp} - 2/3 l_{fc}$   
 $LCG_{fc} = 153,3667 \text{ m}$

Poop

Vertical

$VCG_{poop} = H + 0.5 h_{poop}$

$$VCG_{\text{poop}} = 15,450 \text{ m}$$

Longitudinal  
from AP

$$LCG_{\text{poop}} = 0.5 l_{\text{poop}}$$

$$LCG_{\text{poop}} = 16,5 \text{ m}$$

Center of deckhouse structural weight

Layer II

Vertical

$$VCG_{\text{dh2}} = H + h_{\text{poop}} + 0.5 h_{\text{dh1}}$$

$$VCG_{\text{dh2}} = 17,950 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{\text{dh2}} = \frac{(l_{\text{poop}} - l_{\text{dh1}}) + 0.5 l_{\text{dh1}}}{l_{\text{dh1}}}$$

$$LCG_{\text{dh2}} = 21,000 \text{ m}$$

Layer III

Vertical

$$VCG_{\text{dh3}} = H + h_{\text{poop}} + h_{\text{dh1}} + 0.5 h_{\text{dh2}}$$

$$VCG_{\text{dh3}} = 20,450 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{\text{dh3}} = \frac{(l_{\text{poop}} - l_{\text{dh2}}) + 0.5 l_{\text{dh2}}}{l_{\text{dh2}}}$$

$$LCG_{\text{dh3}} = 24,3 \text{ m}$$

Layer IV

Vertical

$$VCG_{\text{dh4}} = H + h_{\text{poop}} + h_{\text{dh1}} + h_{\text{dh2}} + 0.5 h_{\text{dh3}}$$

$$VCG_{\text{dh4}} = 22,950 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{\text{dh4}} = \frac{(l_{\text{poop}} - l_{\text{dh3}}) + 0.5 l_{\text{dh3}}}{l_{\text{dh3}}}$$

$$LCG_{\text{dh4}} = 27 \text{ m}$$

Wheelhouse

Vertical

$$VCG_{\text{wh}} = H + h_{\text{poop}} + h_{\text{dh1}} + h_{\text{dh2}} + h_{\text{dh3}} + 0.5 h_{\text{wh}}$$

$$VCG_{\text{wh}} = 25,450 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{\text{wh}} = \frac{(l_{\text{poop}} - l_{\text{wh}}) + 0.5 l_{\text{wh}}}{l_{\text{wh}}}$$

$$LCG_{wh} = 28,8 \text{ m}$$

Deckhouses

Vertical

$$VCG_{dh} = (VCG_{dh2} \times W_{dh2} + VCG_{dh3} \times W_{dh3} + VCG_{dh4} \times W_{dh4} + VCG_{wh} \times W_{wh}) / W_{dh}$$

$$VCG_{dh} = 20,230 \text{ m}$$

Longitudinal  
from AP

$$LCG_{dh} = (LCG_{dh2} \times W_{dh2} + LCG_{dh3} \times W_{dh3} + LCG_{dh4} \times W_{dh4} + LCG_{wh} \times W_{wh}) / W_{dh}$$

$$LCG_{dh} = 23,704 \text{ m}$$

Center of basic hull structural weight (Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 26)

Vertical

$$VCG_{hull} = 0.01D [46.6 + 0.135(0.81 - C_B) (L/D)^2]$$

$$VCG_{hull} = 6,54426 \text{ m}$$

Longitudinal

$$\%LCG_{hull} = -0.15 + LCB$$

$$\%LCG_{hull} = 2,441\% \text{ \% } L_{WL}$$

from midship

$$LCG_{hullM} = 4,130999 \text{ m}$$

from AP

$$LCG_{hull} = 0.5 L_{PP} + LCG_{hullM}$$

$$LCG_{hull} = 85,481 \text{ m}$$

$L_{PP} > 120 \text{ m}$   
 $L = L_{PP} \quad D = H$   
 Accepted

Center of ship structural weight

Vertical

$$VCG_S = (VCG_{hull} \times W_{hull} + VCG_{fc} \times W_{fc} + VCG_{poop} \times W_{poop} + VCG_{dh} \times W_{dh}) / W_{ST}$$

$$VCG_S = 6,98937 \text{ m}$$

Longitudinal  
from AP

$$LCG_S = (LCG_{hull} \times W_{hull} + LCG_{fc} \times W_{fc} + LCG_{poop} \times W_{poop} + LCG_{dh} \times W_{dh}) / W_{ST}$$

$$LCG_S = 83,3556 \text{ m}$$

- Berat Peralatan

Input Data :

$$L = 162,700 \text{ m}$$

$$B = 25,0000 \text{ m}$$

$$D = 14,2000 \text{ m}$$

Group I (Hatch Cover)

(Ship Design for Efficiency and Economy page 170)

$$W_i/L = 0.0533 (d)^{1.53}$$

ton/m      d = the cover breadth

$$W_i/L = 2,1480$$

ton/m

$$W_i = \frac{109,547}{1}$$

ton

Group II (Accommodation)

(Ship Design for Efficiency and Economy page 172)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship      60 - 70    kg/m<sup>3</sup>

For large cargo ships, large tanker, etc      80 - 90    kg/m<sup>3</sup>

Therefore, for this design, it is used      70      kg/m<sup>3</sup>

• SUPERSTRUCTURE

• POOP

$$L_{\text{poop}} = 33,000 \text{ m}$$

$$B_{\text{poop}} = 20,000 \text{ m}$$

$$A_{\text{poop}} = 660,000 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{poop}} = 2,500 \text{ m}$$

$$W_{\text{poop}} = 115,500 \text{ ton}$$

• FORECASTLE

$$L_{\text{forecastle}} = 14 \text{ m}$$

$$B_{\text{forecastle}} = 12,5 \text{ m}$$

$$A_{\text{forecastle}} = 175 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{forecastle}} = 2,500 \text{ m}$$

$$W_{\text{forecastle}} = 30,625 \text{ ton}$$

• DECKHOUSE

Layer II

$$L_{\text{DH II}} = 24,000 \text{ m}$$

$$B_{\text{DH II}} = 18,000 \text{ m}$$

$$A_{\text{DH II}} = 432,000 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{DH II}} = 2,500 \text{ m}$$

$$W_{\text{DH II}} = 75,600 \text{ ton}$$

Layer III

$$L_{\text{DH III}} = 17,400 \text{ m}$$

$$B_{\text{DH III}} = 16,000 \text{ m}$$

$$A_{\text{DH III}} = 278,400 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{DH III}} = 2,500 \text{ m}$$

$$W_{\text{DH III}} = 48,720 \text{ ton}$$

Layer IV

$$L_{\text{DH IV}} = 12,000 \text{ m}$$

$$B_{\text{DH IV}} = 13,000 \text{ m}$$

$$A_{\text{DH IV}} = 156,00 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{DH IV}} = 2,50 \text{ m}$$

$$W_{\text{DH IV}} = 27,300 \text{ ton}$$

Wheel House

$$L_{\text{WH}} = 8,400 \text{ m}$$

$$B_{\text{WH}} = 11,400 \text{ m}$$

$$A_{\text{WH}} = 95,760 \text{ m}^2$$

$$H_{\text{WH}} = 2,500 \text{ m}$$

$$W_{\text{WH}} = 16,758 \text{ ton}$$



$$= W_{\text{Group III}} = 314,503 \text{ ton} \quad \text{total structure}$$

Group III (Miscellaneous) (Ship Design Efficiency and Economy page 172)

$$C = (0.18 \text{ ton} / \text{m}^2 < C < 0.26 \text{ ton} / \text{m}^2$$

$$= 0,22 \quad \left[ \begin{array}{l} \text{ton/m}^2 \\ \end{array} \right]$$

$$W_{\text{Group IV}} = (L*B*D)^{2/3} * C$$

$$= 328,725 \text{ ton}$$

Equipment and Outfitting Total Weight

$$W_{\text{E\&O}} = 752,776 \text{ ton}$$

Outfit Weight Center Estimation

( Ship Design for Efficiency and Economy page 173)

$$D_A = 15,149$$

$$KG_{\text{E\&O}} = 1.01-1.05 D_A$$

$$KG = VCG$$

$$VCG_{\text{E\&O}} = 15,907 \text{ m}$$

1. LCG<sub>1</sub> (25% W<sub>E&O</sub> at LCG<sub>M</sub>)

(Parametric design chapter 11, p11 - 25)

$$25\% W_{\text{E\&O}} = 188,194$$

$$L_{\text{stern}} = 0.35T + L_{\text{stern tube}}$$

$$\begin{array}{l} \text{LCG}_M \text{ from} \\ \text{AP} = \end{array} 9,514 \text{ m}$$

2. LCG<sub>2</sub> (37,5% W<sub>E&O</sub> at LCG<sub>DH</sub>)

$$37.5\% W_{\text{E\&O}} = 282,290$$

$$= 8$$

$$\begin{array}{l} \text{LCG}_{\text{dh}} \text{ from} \\ \text{AP} = \end{array} 23,7039 \text{ m}$$

3. LCG<sub>3</sub> (37,5% W<sub>E&O</sub> at midship)

$$37.5\% W_{\text{E\&O}} = 282,290$$

$$= 8$$

$$L_{\text{midship}} = 81,35 \text{ m}$$

LCG<sub>E&O</sub>  
o (LCG from AP)

$$LCG_{\text{E\&O}} = 41,77 \text{ m}$$

- Perhitungan Berat *Consumable*

Engine Fuel oil (Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 24)

Weight

$$W_{FO} = (SFR \times MCR) \times (\text{range/speed}) \times \text{margin} \qquad SFR = SFOC$$

$$W_{FO} = \frac{229688734,7}{5} \text{ gram}$$

$$\text{margin} = 5\%$$

$$W_{FO} = \frac{241173171,4}{9} \text{ gram}$$

$$W_{FO} = 241,17317 \text{ ton}$$

Volume

$$\rho_{FO} = 991 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{FO} = 0,991 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$V_{FO} = 243,36 \text{ m}^3$$

Generator Fuel oil

Weight

$$W_{FO} = (SFR \times MCR) \times (\text{range/speed}) \times \text{margin} \qquad SFR = SFOC$$

$$W_{FO} = 22644725,51 \text{ gram}$$

$$\text{margin} = 5\%$$

$$W_{FO} = 23776961,78 \text{ gram}$$

$$W_{FO} = 23,78 \text{ ton}$$

Volume

$$\rho_{FO} = 991 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{FO} = 0,991 \frac{\text{ton}}{\text{m}^3}$$

$$V_{FO} = 23,99 \text{ m}^3$$

Engine Lubricating oil

Weight

$$W_{LO} = (SFR \times MCR) \times (\text{range/speed}) \times 50 \qquad SFR = SLOC$$

$$W_{LO} = 6342859,23 \text{ gram}$$

$$W_{LO} = 6,34 \text{ ton} \qquad \sim \qquad W_{LO} = \frac{1}{5} \text{ ton} \qquad \text{low speed diesel engine}$$

Volume

$$\rho_{FO} = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{FO} = 0,9 \text{ ton/m}_3$$

$$V_{LO} = 16,67 \text{ m}^3$$

#### Generators Lubricating oil

##### Weight

$$W_{LO} = (\text{SFR} \times \text{MCR}) \times (\text{range/speed}) \times 50$$

$$\text{SFR} = \text{SLOC}$$

$$W_{LO} = 2912130,34 \text{ gram}$$

$$W_{LO} = 2,91 \text{ ton}$$

~

$$W_{LO} = \frac{1}{5} \text{ ton}$$

low speed diesel engine

##### Volume

$$\rho_{FO} = 900 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{FO} = 0,9 \text{ ton/m}_3$$

$$V_{LO} = 16,67 \text{ m}^3$$

#### Fresh water

##### Weight

$$W_{FW} = 2 \text{ ton/(person} \times \text{day)}$$

$$W_{FW} = 124,1090555 \text{ ton}$$

##### Volume

$$\rho_{FW} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\rho_{FW} = 1 \text{ ton/m}_3$$

$$V_{FW} = 124,1090555 \text{ m}^3$$

#### Crew and effects weight

$$W_{C\&E} = 0,17 \text{ ton/person}$$

$$W_{C\&E} = 4,76 \text{ ton}$$

#### Provisions and stores weight

$$W_{PR} = 0,01 \text{ ton/(person} \times \text{day)}$$

$$W_{PR} = 0,620545277 \text{ ton}$$

#### Total weight

$$W_{tot} = 424,44 \text{ ton}$$

#### Engine and Generators Center of fuel oil weight

##### Tank location

In the double bottom below the machinery

Tank dimensions

$$h_{DB} = 1,2 \text{ m}$$

$$H_{FOT} = h_{DB}$$

$$H_{FOT} = 1,20 \text{ m}$$

$$B_{FOT} = 0.6 B$$

$$B_{FOT} = 15,00 \text{ m}$$

$$L_{FOT} = V_{FO} / (H_{FOT} \times B_{FOT}) \quad \text{frame spacing} = 0,6 \text{ m}$$

$$L_{FOT} = 14,85313002 \text{ m} \quad = 3,6 \text{ m} \sim 6 \text{ frame spacing}$$

Vertical

$$VCG_{FOT} = 0.5 H_{FOT}$$

$$VCG_{FOT} = 0,6 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$L_{st} = 6,00 \text{ m}$$

$$LCG_{FOT} = L_{st} - 0.5 L_{FOT}$$

$$LCG_{FOT} = 4,2 \text{ m}$$

Engine and Generators Center of lubricating oil weight

Tank location

In the double bottom below the machinery

Tank dimensions

$$H_{LOT} = h_{DB}$$

$$H_{LOT} = 1,20 \text{ m}$$

$$B_{LOT} = 0.7 * B$$

$$B_{LOT} = 17,50 \text{ m}$$

$$L_{LOT} = V_{LO} / (H_{LOT} \times B_{LOT}) \quad \text{frame spacing} = 0,6 \text{ m}$$

$$L_{LOT} = 1,587301587 \text{ m} \quad = 1,8 \text{ m} \sim 3 \text{ frame spacing}$$

Vertical

$$VCG_{LOT} = 0.5 H_{LOT}$$

$$VCG_{LOT} = 0,6 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{LOT} = L_{st} + L_{FOT} + 0.5 L_{LOT}$$

$$LCG_{LOT} = 10,5 \text{ m}$$

Center of fresh water weight

Tank location

above draught below the main deck

Tank dimensions

$$H_{FWT} = H - T$$

$$H_{FWT} = 4,16 \text{ m}$$

$$B_{FWT} = 50\% B$$

$$B_{FWT} = 12,5 \text{ m}$$

$$L_{FWT} = V_{FW} / (H_{FWT} \times B_{FWT}) \quad \text{frame spacing} = 0,6 \text{ m}$$

$$L_{FWT} = 2,386069398 \text{ m} \quad = 0,6 \text{ m} \sim 1 \text{ frame spacing}$$

Vertical

$$VCG_{FWT} = T + 0.5 H_{FWT}$$

$$VCG_{FWT} = 12,1194393 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{FWT} = L_{st} + 0.5 L_{FWT}$$

$$LCG_{FWT} = 6,3 \text{ m}$$

Center of crew and effects weight

Room Layer	VCG	LCG [AP]	Total Person	W <sub>C&amp;E</sub> (ton)
Poop deck	15,45	16,5	17	2,89
Layer II	17,950	21,000	5	0,85
Layer III	20,450	24,3	2	0,34
Layer IV	22,950	27	4	0,68

Vertical

$$VCG_{C\&E} = (VCG_{dh1} \times W_{dh1} + VCG_{dh2} \times W_{dh2} + VCG_{dh3} \times W_{dh3} + VCG_{wh} \times W_{wh}) / (W_{dh1} + W_{dh2} + W_{dh3} + W_{wh})$$

$$VCG_{C\&E} = 17,325 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{C\&E} = (LCG_{dh1} \times W_{dh1} + LCG_{dh2} \times W_{dh2} + LCG_{dh3} \times W_{dh3} + LCG_{wh} \times W_{wh}) / (W_{dh1} + W_{dh2} + W_{dh3} + W_{wh})$$

$$LCG_{C\&E} = 19,36071429 \text{ m}$$

Center of provisions and stores weight

$$l_{poop} = 33,00 \text{ m}$$

$$h_{poop} = 2,5 \text{ m}$$

$$l_{dh2} = 24 \text{ m}$$

Vertical

$$VCG_{PR} = H + 0.5 h_{poop}$$

$$VCG_{PR} = 15,45 \text{ m}$$

Longitudinal  
from AP

$$LCG_{PR} = (l_{poop} - l_{dh2}) + 0.5 l_{dh2}$$

$$LCG_{PR} = 21 \text{ m}$$

Center of consumables and crew weight

Vertical

$$VCG_{C\&Cr} = (VCG_{FOT} \times W_{FO} + VCG_{LOT} \times W_{LO} + VCG_{FWT} \times W_{FW} + VCG_{C\&E} \times W_{C\&E} + VCG_{PR} \times W_{PR}) / W_{tot}$$

$$VCG_{C\&Cr} = 4,110586421 \text{ m}$$

Longitudinal

from AP

$$LCG_{C\&Cr} = (LCG_{FOT} \times W_{FO} + LCG_{LOT} \times W_{LO} + LCG_{FWT} \times W_{FW} + LCG_{C\&E} \times W_{C\&E} + LCG_{PR} \times W_{PR}) / W_{tot}$$

$$LCG_{C\&Cr} = 4,633408903 \text{ m}$$

- Desain Ruang Muat

Moulded volume below the upper deck and between perpendicular

Camber calculation

$$C = 1/50 B$$

$$C = 0,5 \text{ m}$$

Mean camber

$$C_m = 2/3 C$$

$$C_m = 0,333 \text{ m}$$

Sheer calculation

$$S_a = 25 \times (L_{PP}/3 + 10) \times 10^{-3}$$

$$S_a = 1,606 \text{ m}$$

$$S_f = 50 \times (L_{PP}/3 + 10) \times 10^{-3}$$

$$S_f = 3,212 \text{ m}$$

Mean sheer

$$S_m = (1/6) (S_f + S_a)$$

$$S_m = 0,803 \text{ m}$$

Capacity depth

$$D_c = D + C_m + S_m$$

$$D_c = 15,34 \text{ m}$$

$$D = H$$

Block coefficient at moulded depth

$$C_B' = \frac{C_B + (1 - C_B) \times [(0.8 D - T) / 3T]}{3T}$$

$$C_B' = 0,842$$

Moulded volume

$$V_h = C_B' \times L_{PP} \times B \times D_c$$

$$V_h = 52549 \text{ m}^3$$

#### Volume of machinery room

$L_{MR} =$  depend on cargo, length of machine and generators and all other components

$$L_{MR} = 20,72 \text{ m} \quad \sim 40 \text{ x frame spacing} \quad \begin{array}{l} \text{frame spacing} \\ = \end{array} 0,6 \text{ m}$$

$$L_{MR} = 21 \text{ m} \quad \begin{array}{l} \text{Passagew} \\ \text{ay} = \end{array} 1,5 \text{ m}$$

$$B_{MR}' = 0.5 B \quad \begin{array}{l} \text{Shaft at} \\ \text{MR} = \end{array} 5 \text{ m}$$

$$B_{MR}' = 12,5 \text{ m}$$

$$V_{MR} = 0.5 \times L_{MR} \times (B + B_{MR}') \times H$$

$$V_{MR} = 5591 \text{ m}^3$$

#### Volume of stern

$$L_{st} = 0.35T + L_{sterntube}$$

$$L_{st} = 5,51 \text{ m} \quad \sim 10 \text{ x frame spacing} \quad \begin{array}{l} \text{frame spacing} \\ = \end{array} 0,6 \text{ m}$$

$$L_{st} = 6,00 \text{ m} \quad \begin{array}{l} \text{Sterntube} \\ \text{Shaft} = \end{array} 2 \text{ m}$$

$$B_{st} = 0.5 B \quad \begin{array}{l} b = \\ 5T \end{array} 0,3$$

$$B_{st} = 12,5 \text{ m}$$

$$V_{st} = 0.5 \times L_{st} \times B_{st} \times (H + S_a)$$

$$V_{st} = 592,7 \text{ m}^3$$

#### Volume of bow

Collision bulkhead length

$$L_C = L_{PP}$$

$$L_C = 162,70 \text{ m}$$

minimum

$$0.05 L_C = 8,135 \text{ m}$$

$$\text{or } 10 \text{ m}$$

$L_{min} =$  whichever is less

$$L_{min} = 8,135 \text{ m}$$

maximum

$$0.08 L_C = 13,02 \text{ m}$$

$$0.05 L_C + 3 = 11,14 \text{ m}$$

$L_{max} =$  whichever is greater

$$L_{\max} = 13,02 \text{ m}$$

#### Bow dimension

$$L_{\text{bow}} = L_{\min} - L_{\max}$$

$$\sim 16 \times \text{frame spacing}$$

$$\text{frame spacing} = 0,6 \text{ m}$$

$$L_{\text{bow}} = 12 \text{ m}$$

$$B_{\text{bow}} = B$$

$$B_{\text{bow}} = 25,00 \text{ m}$$

$$V_{\text{bow}} = \frac{1}{3} \times 0,5 \times L_{\text{bow}} \times B_{\text{bow}} \times (H + S_f)$$

$$V_{\text{bow}} = 870,6 \text{ m}^3$$

#### Volume of double bottom

$$L_{\text{DB}} = L_{\text{PP}} - L_{\text{MR}} - L_{\text{St}} - L_{\text{bow}}$$

$$L_{\text{DB}} = 123,70 \text{ m}$$

$$B_{\text{DB}} = B$$

$$2(0,5 \times B - 0,5 \times B_{\text{hatchway}} - 0,5 \times B_{\text{pw}})$$

$$B_{\text{DB}} = 25,00 \text{ m}$$

$$B_{\text{hatchway}} = 12,5 \text{ m}$$

$$h_{\text{DB}} = 1,500 \text{ m}$$

$$\text{Passage way} = 1,5 \text{ m}$$

$$V_{\text{DB}} = L_{\text{DB}} \times B_{\text{DB}} \times h_{\text{DB}}$$

$$B_{\text{pw}} = 3 \text{ m}$$

$$V_{\text{DB}} = 4639 \text{ m}^3$$

#### Volume of passage way

##### Watertight Bulkhead

$$n = 8$$

$$L_{\text{bulkhead}} = 17,67 \text{ m}$$

##### Volume of passage way

$$L_{\text{pw}} = 123,7 \text{ m}$$

$$B_{\text{pw}} = 5 \text{ m}$$

$$\text{Passage way} = 2,5 \text{ m}$$

$$H_{\text{pw}} = 2,5 \text{ m}$$

$$V_{\text{pw}} = 1546 \text{ m}^3$$

#### Volume of side tank

##### Watertight Bulkhead

$$n = 8$$

$$L_{\text{bh}} = 17,67 \text{ m}$$

##### Side

##### Tank

$$B_{\text{hatchway}} = 12,5 \text{ m}$$



$$B_{pw} = 5 \text{ m}$$

$$2.B_{sidetank} = 3,6 \text{ m}$$

$$H_{sidetank} = 12,70 \text{ m}$$

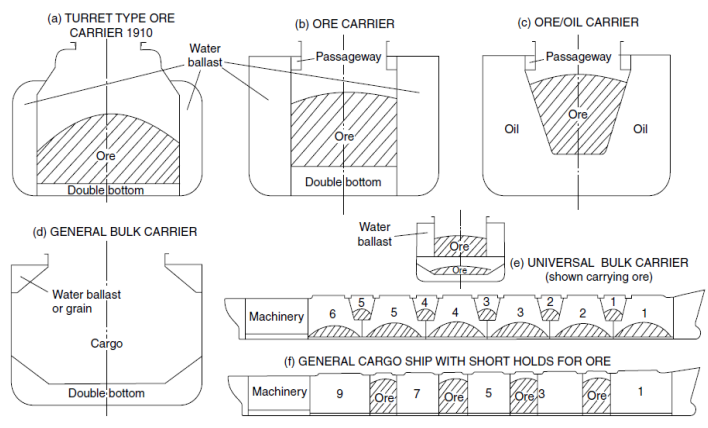
$$L_{sidetank} = 123,7 \text{ m}$$

$$\text{Passage way} = 2,5 \text{ m}$$

asumsi

Volume of side tank

$$V_{sidetank} = 5639 \text{ m}^3$$



Total cargo capacity required

$$V_m = V_{passageway} + V_{sidetank} + V_{MR} + V_{st} + V_{bow} + V_{DB+VTH+VHC}$$

$$V_m = 26186 \text{ m}^3$$

Deduction for structure

$$S = 5 \%$$

$$S = 0,05$$

$$V_r = (V_h + V_u - V_m) (1 - S) \quad V_u = 0 \text{ m}^3$$

$$V_r = 25045 \text{ m}^3$$

Center of payload in cargo hold

Vertical

$$VCG_{payl} = h_{DB} + 0.5 (H - h_{DB})$$

$$VCG_{payl} = 7,85 \text{ m}$$

Longitudinal from AP

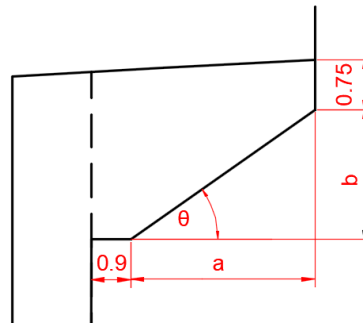
$$\begin{aligned}
 LCG_{\text{payl}} &= L_{\text{st}} + L_{\text{MR}} + 0.5 (L_{\text{PP}} - (L_{\text{st}} + L_{\text{MR}} + L_{\text{bow}})) \\
 &= 88,85 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### Top side tank and hopper tank

#### Top side tank

$$\begin{aligned}
 D_{L, \text{ side}} &= 0,75 \text{ m} \\
 B_{\text{Self plate}} &= 0,9 \text{ m} \\
 a &= 4,2 \text{ m} \\
 \theta &= 35^\circ \\
 \tan \theta &= 0,7 \\
 A_{\text{top side}} &= 13,265 \text{ m}^2 \\
 V_{\text{top side}} &= 3282 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

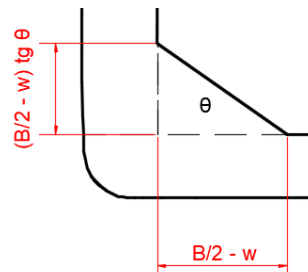
$$b = \frac{2,9}{4} \text{ m}$$



#### Hopper tank

$$\begin{aligned}
 \text{overla} &= 2,5 \text{ m} \\
 p &= 2,5 \text{ m} \\
 w &= 8,1 \text{ m} \\
 \theta &= 35^\circ \\
 \tan \theta &= 0,7 \\
 A_{\text{hopper}} &= 10,164 \text{ m}^2 \\
 V_{\text{hopper}} &= 2515 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Bread} &= 3,1 \text{ m} \\
 \text{th} &= 3,1 \text{ m} \\
 \text{Heigh} &= 2,1 \text{ m} \\
 t &= 7 \text{ m}
 \end{aligned}$$



#### Volume Total

$$V_{\text{SH}} = 5796 \text{ m}^3$$

### Volume of Hatch Coaming

$$\begin{aligned}
 \text{Length} &= 62\% * ((L_{\text{pp}} - (L_{\text{MR}} + L_{\text{st}} + L_{\text{bow}})) / n\text{CH}) \\
 &= 12,78233 \text{ m} \\
 &= 3 \text{ m} \\
 \text{Length} &= 17,3 \text{ m} \\
 \text{taken} &= 17,3 \text{ m} \\
 \text{Height} &= 0.8 \text{ to } 1.3 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Height = 1,3 m  
 Width =  $0.4B + 1.6$   
 Width = 11,6 m  
 Width Taken = 11,2 m  
 Deduction = 2,00%  
 Cargo Hold = 6 Cargo  
 $V_{HC} = l * b * h * n_{CG}$   
 $V_{HC} = 1511,328 \text{ m}^3$   
 Hatch Radius  $r = n * b * (1 - b/B)$   
 $r_{min} = 0,1 \text{ m}$   
 $n = \frac{r}{b}$   
 $n_{min} = 0,1$   
 $n_{max} = 0,25$   
 $r$  = length of hatchway in [m]  
 $b$  = breadth in [m], of hatchway or total breadth of hatchways in case of more than one hatchway.  $b/B$  need not be taken smaller than 0,4.

$n_{calculati}$  = 0,0865  
 $n_{taken}$  = 0,1  
 $r$  = 0,61824 m  
 $r_{taken}$  = 0,6 m

- Total Berat Kapal

<u>Light Weight Tonnes (LWT)</u>		
• Steel Weight		
$W_{ST} =$	7216,718	ton
$VCG =$	6,989	m
$LCG \text{ from AP} =$	83,356	m
• Equipment & Outfitting Weight		
$W_{E\&O} =$	752,776	ton
$VCG_{E\&O} =$	15,907	m
$LCG \text{ from AP} =$	41,774	m
• Machinery Weight		
$W_M =$	438,704	ton
$VCG =$	5,945	m
$LCG \text{ from AP} =$	9,514	m
$LWT \text{ total} =$	8408,198	ton
$LCG \text{ Total from AP} =$	75,337	
<u>Dead Weight Tonnes (DWT)</u>		
• Consumable Weight		
$W_{consum} =$	424,440	ton
$VCG =$	4,111	m
$LCG \text{ from AP} =$	4,633	m
• Payload		
$W_{payload} =$	26924	ton
$VCG =$	$(H-H_{db}) * 0,5 + H_{db}$	
$VCG =$	7,850	m
$LCG \text{ from AP} =$	88,850	m
$DWT \text{ total} =$	27348,060	ton
<u>Total Weight</u>		
$LWT + DWT =$	35756,258	ton
$\text{Total VCG} =$	7,78	m
$\text{Total LCG (from AP)} =$	84,7769	m

Displacement Check

Displacement =	35992,649	ton
LWT + DWT =	35756,258	ton
Difference =	0,657%	ton

ACCEPTED

(2% to 10%  
Limitation)

- Perhitungan *freeboard*

Input Data :

L =	162,70	m	$l_{\text{poop}}$	=	33,00	m
B =	25,00	m	$l_{\text{FC}}$	=	14,00	m
D =	14,20	m	S =	$l_{\text{poop}} + l_{\text{FC}}$		
$d_1$ =	85% Moulded Depth			=	47,00	m
	=	12,07	m	T =	10,04	m
$C_B$ =	0,84					
Ship type =	Type B					

Calculation :

Length (m)	Freeboard (mm)
162	2560
163	2580

- Tabular Freeboard (Regulation 28 Table 28.1)

$$FB = 2574,00 \text{ mm}$$

- Correction

## 1. Length

$$L \geq 100 \text{ m}$$

$$FB_1 = 2574,00 \text{ mm}$$

2.  $C_B$  correction

$$\text{factor} = (C_B + 0.68)/1.36$$

$$\text{factor} = 1,114098$$

$$FB_2 = 2867,688 \text{ mm}$$

## 3. Depth correction (Regulation 31 Correction for depth)

For ship with  $D < L/15$  no correction needed ; If  $D > L/15$  correction is needed as :

$$D = 14,20 \text{ m}$$

$$L = 162,70 \text{ m}$$

$$L/15 = 10,84667 \quad D > L/15$$

$$\begin{aligned}
 FB_3 &= R(D-L/15) \quad [\text{mm}] \\
 R &= 250 \quad (R=250 ; L>120\text{m}) \quad (R=L/0.48 ; L<120\text{m}) \\
 (D-L/15)R &= 838,33 \quad \text{mm} \\
 FB_3 &= 3706,02 \quad \text{mm}
 \end{aligned}$$

#### 4. Deduction of Superstructure

Length (m)	$h_{\text{Superstructure}}$ (m)
125	2,3
125	2,3

#### Forecastle

$$\begin{aligned}
 l_{FC} &= 14,00 \quad \text{m} \\
 h_{FC} &= 2,30 \quad \text{m} \\
 h_{FC} &= 2,50 \quad \text{m} \\
 l_{FC} &= 14,00 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

#### Poop

$$\begin{aligned}
 l_{\text{poop}} &= 33,00 \quad \text{m} \\
 h_{\text{poop}} &= 2,30 \quad \text{m} \\
 h_{\text{poop}} &= 2,5 \quad \text{m} \\
 l_{\text{poop}} &= 33,00 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

#### Effective Length Super Structure

$$\begin{aligned}
 E &= l_{FC} + l_{\text{Poop}} \\
 &= 47,00 \quad \text{m} \\
 E[x.L] &= 0,289 \quad \text{L} \\
 \%FB &= 28\% \quad \text{L}
 \end{aligned}$$

#### Superstructure

Total Effective Length of Superstructures						
L	0	0.1L	0.2L	0.3L	0.4L	0.5L
%	0	5	10	15	23,5	32

$$Fb_4 = 3187 \quad \text{mm}$$

#### 5. Sheer correction

Station	Ordinate	Factor	Ordinate*Factor	Actual Profile
AP	1605,83	1	1605,833	0,000
1/6 L dari AP	712,99	3	2138,970	0,000
1/3 L dari AP	179,85	3	539,560	0,000
Amidships	0,00	1	0	0,000
1/3 L dari FP	359,71	3	1079,120	0,000

1/6 L dari FP	1425,98	3	4277,940	0,000
FP	3211,67	1	3211,667	0,000

$$\begin{aligned} \text{TAP} &= (\text{Ordinate factor} - \text{actual profile})/8 \\ &= 535,55 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{TFP} &= (\text{Ordinate FP*factor} - \text{actual profile})/8 \\ &= 1071,09 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Fb}_5 &= \text{Mean} * (0,75 * S / 2L) \\ &= 87,022 \end{aligned}$$

$$\text{FB}' = \text{FB}_5$$

$$\text{FB}' = 3274,20 \quad \text{mm}$$

#### Total Freeboard

$$\text{FB}' = \text{FB}_5$$

$$\text{FB}' = 3274,20 \quad \text{mm}$$

$$\text{FB}' = 3,27 \quad \text{m}$$

#### • Minimum Bow height

$$\begin{aligned} C_B \text{ to upper deck} &= C_B \\ &/L * B * d_1 = 0,84 \end{aligned}$$

$$B_{WM} = 56L \left( 1 - \frac{L}{500} \right) \left( \frac{1.36}{C_b + 0.68} \right)$$

$$B_{WM} = 5516,94 \quad \text{mm}$$

$$B_{WM} = 5,52 \quad \text{m}$$

#### • Freeboard Boundary Condition

##### Actual Freeboard (Summer)

$$\text{FB}_a = H - T$$

$$\text{FB}_a = 4,16 \quad \text{m}$$

$$\text{FB}' = 3,27 \quad \text{m}$$

ACCEPTED

(FB<sub>a</sub> - FB') Summer Condition

##### Actual Freeboard (Winter)

$$\text{FB}_a = H - T$$

$$\text{FB}_a = 4,16 \quad \text{m}$$

$$\text{FB}' = 3,34 \quad \text{m}$$

ACCEPTED

(FB<sub>a</sub> - FB') Winter Condition

#### • actual Bow Height

$$\text{FB}_a + S_f + h_{FC} = 9,87 \quad \text{m}$$

ACCEPTED

Actual Bow Height > Minimum Bow Height

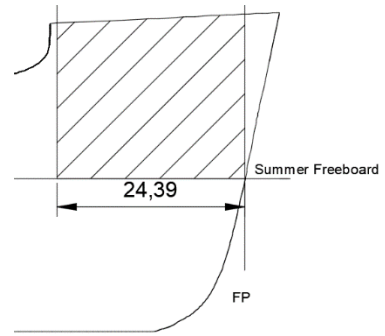
- Reserve Buoyancy

$$F_{\min} = 3706,022 \text{ mm}$$

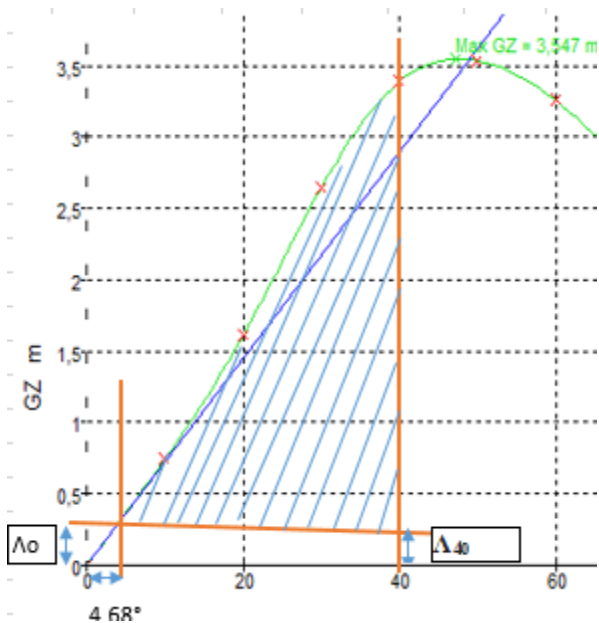
$$\text{Reserve} = 132,25 \text{ m}^2$$

$$A_1 + A_2 + A_3 = 162,5647 \text{ m}^2 \quad 0.15L_f = 24,41 \text{ m}$$

ACCEPTED



- Perhitungan Stabilitas *grain code* muatan 50%



Pengukuran *heel angle* untuk *cargo shifting* menggunakan AutoCAD dengan cara substitusi antara nilai *heel* pada gambar dan pengukuran.

Sudut Shifting

$$20 \times x = 23,41 \times 5,48$$

$$x = 4,681759932 \text{ } ^\circ$$

Perhitungan luasan residual area, yaitu dengan mencari pengukuran area dibawah GZ dengan AutoCAD, lalu dikurang dengan luasan segitiga pada heel 0 hingga 4.68°, lalu dikurang dengan luasan trapesium pada heel 4.68° hingga 40°

Heel	Ordinate	Simpson	didapat
0	0	1	0
10	16,29	4	65,16



20	35,23	2	70,46
30	58,25	4	233
40	74,33	1	74,33

442,95

Area AutoCAD                    1720,123  
Area Maxsruf                    67,06    m.rad  
Area sebenarnya                67,06    m.rad

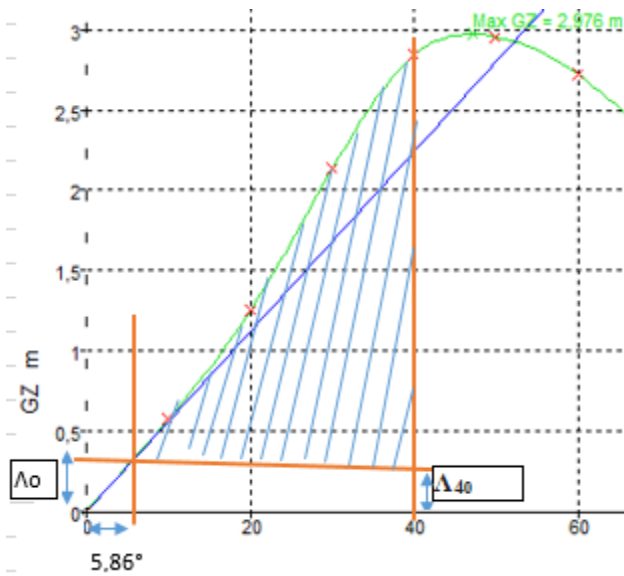
panjang                            5,48  
tinggi                                7,19  
Area Triangle                    19,7006  
Area maxsurf = Area autocad/area maxsurf\*Area AutoCAD  
Triangle Area  
 $1720,1225 = \frac{19,7006}{67,06} \times x$   
 $x = 0,768039623 \text{ m}^2$   
Area sebenarnya                0,76804    m.rad

Trapesoidal  
Panjang =                            34,07  
Kanan                                5,08  
Kiri                                    6,17  
Area Trapesiodal                191,6438  
Trapesoidal Area  
 $1720,1225 = \frac{191,6438}{67,06} \times x$   
 $x = 7,471345718 \text{ m}^2$

Area sebenarnya                7,471346    m.rad

Residual Area = Area under GZ 0-40 - area Trapesoidal - area Triangle  
Residual Area                    58,82061    m.rad

- Perhitungan Stabilitas Muatan 75%



Sudut Shifting

$$20 = \frac{x}{6,34} \times 21,61$$

$$x = 5,867653864 \text{ derajat}$$

Perhitungan luasan residual area, yaitu dengan mencari pengukuran area dibawah GZ dengan AutoCAD, lalu dikurang dengan luasan segitiga pada heel 0 hingga 5.86°, lalu dikurang dengan luasan trapesium pada heel 5.86° hingga 40°

Heel	Ordinate	Simpson	didapat
0	0	1	0
10	12,46	4	49,84
20	26,21	2	52,42
30	45,45	4	181,8
40	60,14	1	60,14

344,2

Area AutoCAD                      1239,12  
 Area Maxsurf                      53,91 m2  
 Area sebenarnya                53,91 m2

panjang                              6,34  
 tinggi                                6,92  
 Area Triangle                    21,9364  
 Area maxsurf = Area autocad/area maxsurf\*Area AutoCAD  
 Triangle Area  
 1239,12 =                          21,9364

$$53,91 \quad x$$

$$x = 0,954379983 \quad \text{m}^2$$

Area sebenarnya  $0,95438 \quad \text{m}^2$

Trapesoidal

Panjang  $37,06$

Kanan  $5,71$

Kiri  $6,92$

Trapesoidal Area  $234,0339$

Trapesoidal Area

$$1239,12 = 234,0339$$

$$53,91 \quad x$$

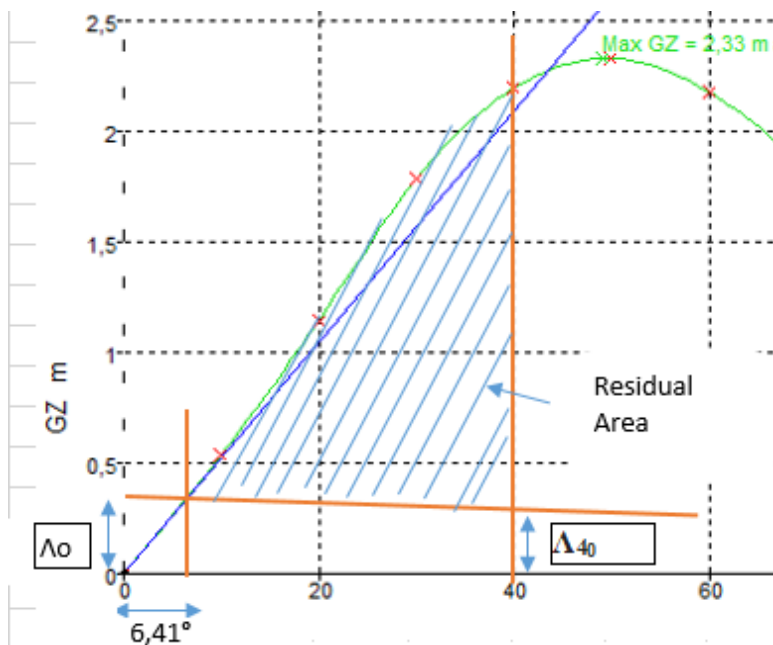
$$x = 10,1820385 \quad \text{m}^2$$

Area sebenarnya  $10,18204 \quad \text{m}^2$

Residual Area = Area under GZ 0-40 - area Trapesoidal - area Triangle

Residual Area  $42,77358 \quad \text{m}^2$

- Perhitungan Stabilitas Muatan 100%



Sudut Shifting

$$\frac{20}{28,89} \times \frac{9,26}{x}$$

$$x = 6,410523 \text{ derajat}$$

Perhitungan luasan residual area, yaitu dengan mencari pengukuran area dibawah GZ dengan AutoCAD, lalu dikurang dengan luasan segitiga pada heel 0 hingga 5.86°, lalu dikurang dengan luasan trapesium pada heel 5.86° hingga 40°

Heel	Ordinate	Simpson	didapat
0	0	1	0
10	17,64	4	70,56
20	37,82	2	75,64
30	59,29	4	237,16
40	72,72	1	72,72

456,08

Per 10 derajat	14,445	
Area AutoCAD	2196,025	
Area Maxsruf	45,8537	m2
Area sebenarnya	45,8537	m2

panjang	11,6	
tinggi	9,26	
Area Triangle	53,708	
Area maxsurf = Area autocad/area maxsurf*Area AutoCAD		
Triangle Area		
2196,0252	x	53,708
45,8537		x
x =	1,121440009	m2
Area sebenarnya	1,12144	m2

Trapesoidal		
Panjang	48,31	
Kanan	10,19	
Kiri	11,49	
Trapesoidal Area	523,6804	
Trapesoidal Area		
2196,0252	x	523,6804
45,8537		x
x =	10,93461221	m2
Area sebenarnya	10,93461	m2

Residual Area = Area under GZ 0-40 - area Trapezoidal - area Triangle

Residual Area 33,79765 m<sup>2</sup>

- *RAO Bulk Carrier*

Heading Angle	90	
Frequency (rad/s)	Heave (m/m)	Pitch(°/m)
0,357	1,863	0,011
0,395	1,787	0,009
0,434	1,682	0,008
0,473	1,543	0,006
0,512	1,358	0,005
0,551	1,110	0,004
0,59	0,751	0,002
0,629	0,429	0,002
0,667	0,910	0,003
0,706	1,158	0,004
0,745	1,212	0,005
0,784	1,056	0,004
0,823	0,756	0,003
0,862	0,525	0,002
0,901	0,587	0,002
0,939	0,597	0,002
0,978	0,518	0,002
1,017	0,385	0,001
1,056	0,297	0,000
1,095	0,329	0,000
1,134	0,329	0,000
1,173	0,276	0,000
1,211	0,190	0,000
1,250	0,200	0,000
1,289	0,219	0,000
1,328	0,190	0,000
1,367	0,126	0,000
1,406	0,141	0,000
1,445	0,141	0,000
1,483	0,110	0,000
1,522	0,089	0,000
1,561	0,110	0,000
1,600	0,089	0,000
1,756	0,063	0,000
1,911	0,063	0,000

2,067	0,063	0,000
2,222	0,063	0,000

Heading Angle	135	
Frequency (rad/s)	Heave (m/m)	Pitch(°/m)
0,357	1,957	0,029
0,395	1,932	0,029
0,434	1,901	0,029
0,473	1,861	0,028
0,512	1,815	0,028
0,551	1,763	0,028
0,59	1,709	0,028
0,629	1,660	0,027
0,667	1,628	0,026
0,706	1,606	0,025
0,745	1,524	0,024
0,784	1,270	0,021
0,823	0,802	0,018
0,862	0,358	0,014
0,901	0,699	0,010
0,939	0,759	0,007
0,978	0,721	0,007
1,017	0,642	0,007
1,056	0,544	0,007
1,095	0,443	0,006
1,134	0,358	0,005
1,173	0,329	0,005
1,211	0,341	0,004
1,250	0,352	0,003
1,289	0,346	0,002
1,328	0,329	0,002
1,367	0,297	0,003
1,406	0,253	0,003
1,445	0,200	0,003
1,483	0,155	0,002
1,522	0,167	0,002
1,561	0,190	0,002
1,600	0,200	0,002
1,756	0,155	0,001
1,911	0,110	0,001
2,067	0,110	0,001
2,222	0,063	0,001

Heading Angle	180	
Frequency (rad/s)	Heave (m/m)	Pitch(°/m)
0,466	1,937	0,035
0,502	1,920	0,035
0,537	1,906	0,035
0,573	1,898	0,035
0,608	1,907	0,035
0,643	1,943	0,035
0,679	2,013	0,034
0,714	2,096	0,034
0,75	2,108	0,032
0,785	1,951	0,030
0,821	1,620	0,027
0,856	1,197	0,023
0,891	0,769	0,019
0,927	0,498	0,015
0,962	0,573	0,011
0,998	0,626	0,008
1,033	0,626	0,007
1,069	0,590	0,007
1,104	0,540	0,007
1,139	0,477	0,007
1,175	0,410	0,006
1,210	0,346	0,006
1,246	0,297	0,005
1,281	0,283	0,005
1,317	0,297	0,004
1,352	0,310	0,003
1,387	0,316	0,003
1,423	0,310	0,002
1,458	0,303	0,002
1,494	0,283	0,003
1,529	0,253	0,003
1,565	0,219	0,003
1,600	0,190	0,003
1,756	0,167	0,002
1,911	0,167	0,001
2,067	0,063	0,001
2,222	0,110	0,001

- Encounter Wave Spectrum Bulk Carrier

Heading	90
Encounter Wave Frequency ( $\omega_e$ ) [rad/s]	$S\zeta(\omega_e)$ [m <sup>2</sup> /(rad/s)]
0,357	0,001000
0,395	0,029000
0,434	0,198000
0,473	0,619000
0,512	1,206000
0,551	1,865000
0,59	2,174000
0,629	2,274000
0,667	2,214000
0,706	2,056000
0,745	1,795000
0,784	1,575000
0,823	1,366000
0,862	1,175000
0,901	0,969000
0,939	0,828000
0,978	0,708000
1,017	0,606000
1,056	0,520000
1,095	0,430000
1,134	0,371000
1,173	0,320000
1,211	0,278000
1,250	0,241000
1,289	0,211000
1,328	0,178000
1,367	0,156000
1,406	0,138000
1,445	0,121000
1,483	0,104000
1,522	0,093000
1,561	0,082000
1,600	0,074000
1,756	0,046000
1,911	0,030000
2,067	0,021000
2,222	0,014000



Heading

135

Encounter Wave Frequency ( $\omega_e$ ) [rad/s]	$S\zeta(\omega_e)$ [m <sup>2</sup> /(rad/s)]
0,357	0,000000
0,395	0,000000
0,434	0,003000
0,473	0,025000
0,512	0,140000
0,551	0,332000
0,59	0,593000
0,629	0,870000
0,667	1,114000
0,706	1,297000
0,745	1,428000
0,784	1,461000
0,823	1,446000
0,862	1,396000
0,901	1,302000
0,939	1,215000
0,978	1,123000
1,017	1,031000
1,056	0,942000
1,095	0,838000
1,134	0,762000
1,173	0,691000
1,211	0,627000
1,250	0,556000
1,289	0,505000
1,328	0,459000
1,367	0,417000
1,406	0,380000
1,445	0,346000
1,483	0,309000
1,522	0,283000
1,561	0,259000
1,600	0,238000
1,756	0,167000
1,911	0,121000
2,067	0,121000
2,222	0,067000

Heading

180

Encounter Wave Frequency ( $\omega_e$ ) [rad/s]	$S\zeta$ ( $\omega_e$ ) [m <sup>2</sup> /(rad/s)]
0,466	0,004000
0,502	0,024000
0,537	0,083000
0,573	0,200000
0,608	0,372000
0,643	0,575000
0,679	0,781000
0,714	0,962000
0,75	1,104000
0,785	1,202000
0,821	1,256000
0,856	1,274000
0,891	1,262000
0,927	1,228000
0,962	1,179000
0,998	1,120000
1,033	1,055000
1,069	0,988000
1,104	0,921000
1,139	0,855000
1,175	0,792000
1,210	0,733000
1,246	0,677000
1,281	0,625000
1,317	0,576000
1,352	0,532000
1,387	0,491000
1,423	0,453000
1,458	0,419000
1,494	0,387000
1,529	0,358000
1,565	0,332000
1,600	0,307000
1,756	0,221000
1,911	0,162000
2,067	0,123000
2,222	0,094000

- Relative Bow Motion Bulk Carrier

Heading 90	
X (we)	Y (S <sub>s</sub> (we))
0,357	0,0017
0,395	0,0561
0,434	0,4309
0,473	1,4506
0,512	2,8846
0,551	4,1918
0,59	3,9663
0,629	3,3102
0,667	4,8533
0,706	5,3814
0,745	5,0270
0,784	0,2767
0,823	0,3746
0,862	0,7334
0,901	1,2502
0,939	1,1250
0,978	1,0117
1,017	0,8143
1,056	0,5688
1,095	0,4398
1,134	0,3440
1,173	0,2717
1,211	0,2510
1,250	0,2442
1,289	0,2264
1,328	0,2013
1,367	0,1677
1,406	0,1375
1,445	0,1147
1,483	0,0966
1,522	0,0946
1,561	0,0844
1,600	0,0779
1,756	0,0466
1,911	0,0296
2,067	0,0208
2,222	0,0139

Heading 135	
X (we)	Y (S <sub>s</sub> (we))
0,357	0,0000
0,395	0,0000
0,434	0,0011
0,473	0,0060
0,512	0,0196
0,551	0,0247
0,59	0,0255
0,629	0,0377
0,667	0,0783
0,706	4,4784
0,745	4,7753
0,784	4,8699
0,823	4,2685
0,862	2,9512
0,901	2,1460
0,939	2,5069
0,978	2,4879
1,017	2,2149
1,056	1,8888
1,095	1,5657
1,134	1,3562
1,173	1,1952
1,211	0,3345
1,250	0,3059
1,289	0,2820
1,328	0,2655
1,367	0,2535
1,406	0,2481
1,445	0,2370
1,483	0,2176
1,522	0,1988
1,561	0,3459
1,600	0,3136
1,756	0,1982
1,911	0,1166
2,067	0,1181
2,222	0,0688

Heading 180

X (we)	Y (S <sub>s</sub> (we))
0,466	0,002
0,502	0,013
0,537	0,035
0,573	0,063
0,608	0,083
0,643	0,087
0,679	0,087
0,714	4,588
0,75	5,554
0,785	6,199
0,821	5,650
0,856	4,131
0,891	2,516
0,927	1,115
0,962	3,211
0,998	2,990
1,033	2,672
1,069	2,298
1,104	1,983
1,139	1,716
1,175	1,485
1,210	1,282
1,246	1,085
1,281	0,910
1,317	0,499
1,352	0,503
1,387	0,502
1,423	0,503
1,458	0,490
1,494	0,462
1,529	0,423
1,565	0,395
1,600	0,360
1,756	0,172
1,911	0,129
2,067	0,108
2,222	0,105

- Perhitungan Deck Wetness

Perhitungan Untuk heading 90°

Formula of the probability deck wetness

$$n = e^{-(f')^2/2m_0}$$

Formula of the effective freeboard

$$f'(l) = f(l) - h_s(l)$$

$$\frac{h_s}{L} = k'_1 F_n^2$$

in which,

$$f(l) = \text{actual freeboard in still water [m]} = 11,4 \text{ [m]}$$

$$h_s(l) = \text{statical swell-up [m]}$$

$$K'_1 = K_1 \left( \frac{B}{L_E} \right)$$

$$L = \text{ship length [m]} = 163 \text{ [m]}$$

$$k_1 = 0,75$$

$$B = \text{Beam [m]} = 25 \text{ [m]}$$

$$L_E = \text{Length of entrance [m]} = 23,5 \text{ [m]}$$

$$F_n = 0,1515$$

$$k'_1 = K_1 \left( \frac{B}{L_E} \right)$$

$$= 0,75 \left( \frac{25}{23,5} \right)$$

$$= 0,797$$

$$\frac{h_s}{L} = k'_1 F_n^2$$

$$\frac{h_s}{162,7} = 0,797 \times 0,1515^2$$

$$h_s = 2,979 \text{ m}$$

$$f'(l) = f(l) - h_s(l)$$

$$= 11,37 - 2,979$$

$$= 8,39 \text{ m}$$

Probability of Deck Wetness

$$n = e^{-(f')^2/2m_0}$$

$$= e^{-(8,39)^2/2(7,926)}$$

$$= 0,01178347$$

Perhitungan Untuk heading 135°

Formula of the probability deck wetness

$$n = e^{-(f')^2/2 m_0}$$

Formula of the effective freeboard

$$f'(l) = f(l) - h_s(l)$$

$$\frac{h_s}{L} = k'_1 F_n^2$$

in which,

$$f(l) = \text{actual freeboard in still water [m]} = 11,37 \text{ [m]}$$

$$h_s(l) = \text{statical swell-up [m]}$$

$$k'_1 = K_1 \left( \frac{B}{L_E} \right)$$

$$L = \text{ship length [m]} = 162,7 \text{ [m]}$$

$$k_1 = 0,75$$

$$B = \text{Beam [m]} = 25 \text{ [m]}$$

$$L_E = \text{Length of entrance [m]} = 23,5 \text{ [m]}$$

$$F_n = 0,1515$$

$$k'_1 = K_1 \left( \frac{B}{L_E} \right)$$

$$= 0,75 \left( \frac{25}{23,5} \right)$$

$$= 0,797$$

$$\frac{h_s}{L} = k'_1 F_n^2$$

$$\frac{h_s}{162,7} = 0,797 \times 0,1515^2$$

$$h_s = 2,979 \text{ m}$$

$$f'(l) = f(l) - h_s(l)$$

$$= 11,37 - 2,979$$

$$= 8,39 \text{ m}$$

Probability of Deck Wetness

$$n = e^{-(f')^2/2 m_0}$$

$$= e^{-(8,39)^2/2 (8,255)}$$

$$= 0,014069096$$

Perhitungan Untuk heading 180°

Formula of the probability deck wetness

$$n = e^{-(f')^2/2 m_0}$$

Formula of the effective freeboard

$$f'(l) = f(l) - h_s(l)$$

$$\frac{h_s}{L} = k'_1 F_n^2$$

in which,

$$f(l) = \text{actual freeboard in still water [m]} = 11,37 \text{ [m]}$$

$$h_s(l) = \text{statical swell-up [m]}$$

$$K'_1 = K_1 \left( \frac{B}{L_E} \right)$$

$$L = \text{ship length [m]} = 162,7 \text{ [m]}$$

$$k_1 = 0,75$$

$$B = \text{Beam [m]} = 25 \text{ [m]}$$

$$L_E = \text{Length of entrance [m]} = 23,5 \text{ [m]}$$

$$F_n = 0,1515$$

$$k'_1 = K_1 \left( \frac{B}{L_E} \right)$$

$$= 0,75 \left( \frac{25}{23,5} \right)$$

$$= 0,797$$

$$\frac{h_s}{L} = k'_1 F_n^2$$

$$\frac{h_s}{162,7} = 0,797 \times 0,1515^2$$

$$h_s = 2,979 \text{ m}$$

$$f'(l) = f(l) - h_s(l)$$

$$= 11,37 - 2,979$$

$$= 8,39 \text{ m}$$

Probability of Deck Wetness

$$n = e^{-(f')^2/2 m_0}$$

$$= e^{-(8,39)^2/2 (10,91)}$$

$$= 0,039792437$$

## LAMPIRAN B PERHITUNGAN EKONOMIS

No	Item	Value	Unit
1	<i>Material Cost</i>		
*	Lambung Kapal ( <i>hull</i> )		
	(tebal plat lambung = 12 mm, jenis material = A36)		
	<i>Sumber : <a href="https://intip.in/bajaA36">https://intip.in/bajaA36</a></i>		
	Harga	590	USD/ton
	Berat lambung	7,216.71	ton
	Harga Lambung Kapal	4,257,863.69	USD
*	Bangunan Atas		
	(tebal plat lambung = 10 mm, jenis material = A36)		
	<i>Sumber : <a href="https://intip.in/bajaA36">https://intip.in/bajaA36</a></i>		
	Harga	590	USD/ton
	Berat bangunan atas	270.31.00	ton
	Harga Bangunan Atas	159,486.145	USD
*	Konstruksi		
	(tebal plat = 10 mm, jenis material = A36)		
	<i>Sumber : <a href="https://intip.in/bajaA36">https://intip.in/bajaA36</a></i>		
	Harga	590	USD/ton
	30% (Berat lambung + Bangunan atas)	2,246.11	ton
	Harga Bangunan Atas	1,325,204.95	USD
	Total Material Cost	5,742,554.78	USD
2	Labour Cost		
*	Keuntungan Galangan		
	20% dari biaya pembangunan awal		
	Harga material	5,742,554.78	USD
	<i>Total Labour Cost</i>	1,148,510.95	USD
3	Overhead Cost		
*	Biaya untuk inflasi		
	2% dari biaya pembangunan awal		
	Harga material	5,742,554.78	USD
	Biaya untuk inflasi	114,851.09	USD
*	Biaya Pajak Pemerintah		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Harga material	5,742,554.78	USD
	Biaya untuk inflasi	574,255.47	USD



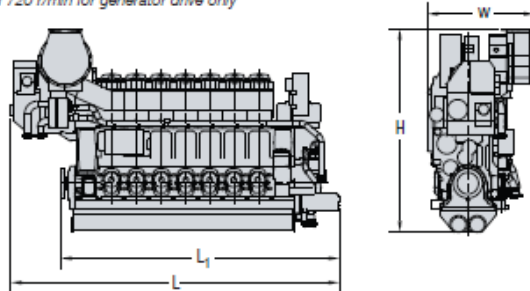
	<i>Total Overhead Cost</i>	689,106.57	USD
	Total Biaya Pembangunan Kapal	7,580,172.32	USD

# LAMPIRAN C KATALOG

- Katalog Mesin Kapal

Main engine specifications	
Engine type =	MAN L35/44DF
MCR =	4770 kW
MCR =	6396,665 HP
Speed =	750 r/min
Cyl. number =	9
Bore =	350 mm
Stroke =	440 mm
Specific Fuel Oil Consumption	
SFOC =	182 g/kWh
Specific Lube Oil Consumption	
SLOC =	0,5 g/kWh
Dimensions	
Length =	8075 mm
Width =	2678 mm
Height =	4369 mm
Dry mass =	57,4 ton

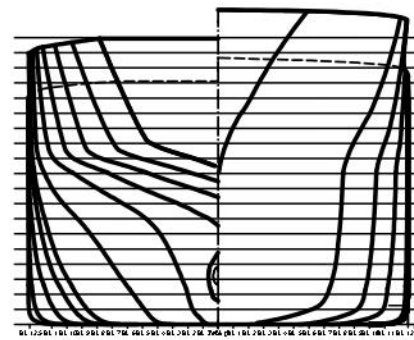
Tier II Tier III		MAN L35/44DF				
Tier III in gas mode						
<b>Bore: 350 mm, Stroke: 440 mm</b>						
Speed	r/min	750	720			
mep	bar	20.0	20.1			
		kW	kW			
6L35/44DF		3,180	3,060			
7L35/44DF		3,710	3,570			
8L35/44DF		4,240	4,080			
9L35/44DF		4,770	4,590			
10L35/44DF		5,300	5,100			
<i>LHV of fuel gas <math>\geq 26,000</math> kJ/Nm<sup>3</sup></i>						
<i>(Nm<sup>3</sup> corresponds to one cubic meter of gas at 0 °C and 1.013 bar)</i>						
<b>Specific Fuel Oil Consumption (SFOC) and Heat Rate to ISO conditions</b>						
MCR		100%	85%			
Specific fuel oil consumption <sup>1)</sup>		182 g/kWh	181 g/kWh			
Heat rate <sup>2)</sup>		7,530 kJ/kWh	7,615 kJ/kWh			
Specific lube oil consumption 0.5 g/kWh						
Engine type specific reference charge air temperature before cylinder 40 °C						
<sup>1)</sup> Liquid fuel operation						
<sup>2)</sup> Gas operation (including pilot fuel), gas fuel: methane no. $\geq 80$						
<b>Dimensions</b>						
Cyl. No.		6	7	8	9	10
L	mm	6,485	7,015	7,545	8,075	8,605
L <sub>1</sub>	mm	5,265	5,877	6,407	6,937	7,556
W	mm	2,539	2,678	2,678	2,678	2,678
H	mm	4,163	4,369	4,369	4,369	4,369
Dry mass <sup>3)</sup>	t	42.1	47.5	52.9	57.4	62.4
Minimum centreline distance for twin engine installation: 2,500 mm						
V-engine type under preparation						
<sup>3)</sup> Including built-on lube oil automatic filter, fuel oil filter and electronic equipment						
Speed 720 r/min for generator drive only						



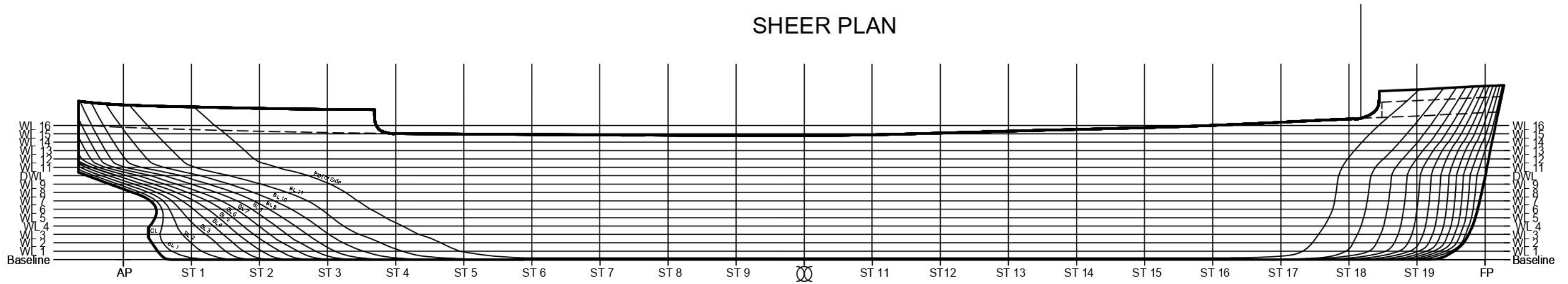
**LAMPIRAN D**  
**LINES PLAN**



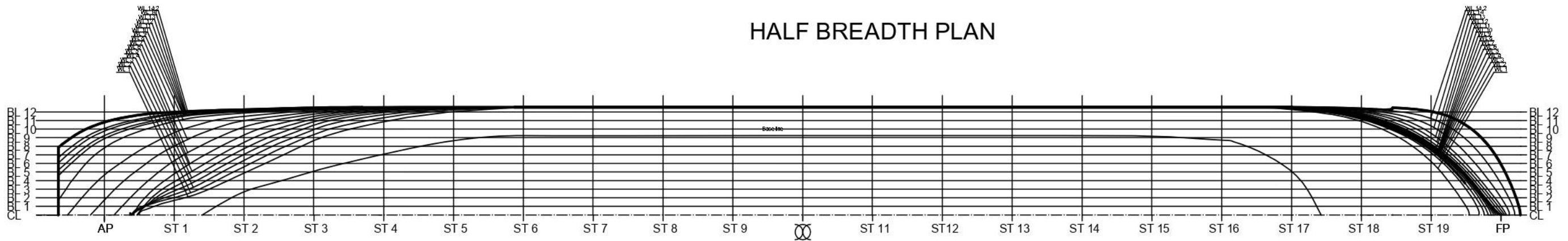
### BODY PLAN



### SHEER PLAN



### HALF BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSION	
SHIP TYPE	: Bulk Carrier
LENGTH OVERALL	: 169.5 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	: 162.7 M
MOULDED BREADTH	: 25 M
MOULDED DEPTH	: 14.2 M
MOULDED DRAUGHT	: 10 M
BLOCK COEFFICIENT	: 0.85
DESIGNED SERVICE SPEED	: 12 KNOTS



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

## MV FLUCTUS MAGNI

### LINES PLAN

SCALE	1 : 150	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Fathan Nurudin			
APPROVED	Hasanudin S.T., M.T.			

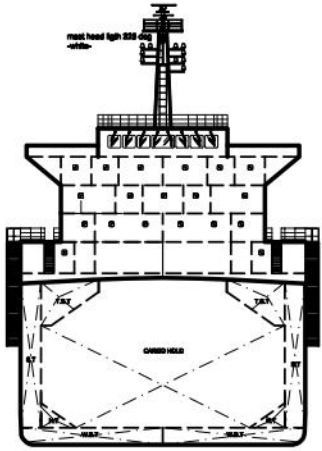


**LAMPIRAN E**  
**GENERAL ARRANGEMENT**

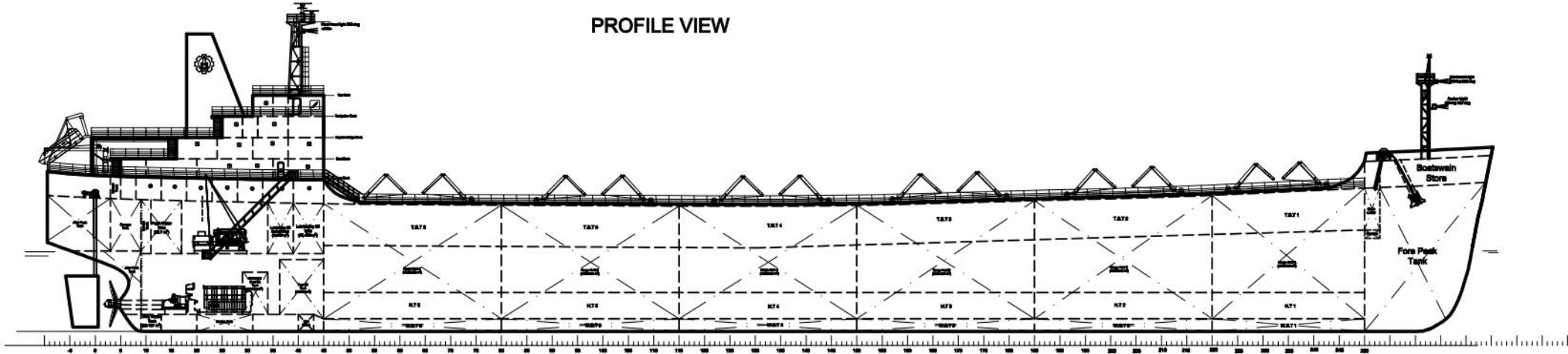




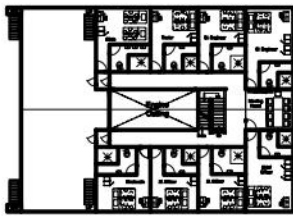
FRONT VIEW



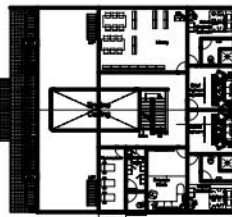
PROFILE VIEW



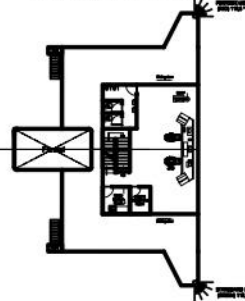
Boat Deck



Bridge Deck



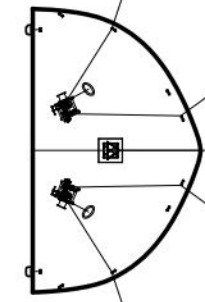
Navigation Deck



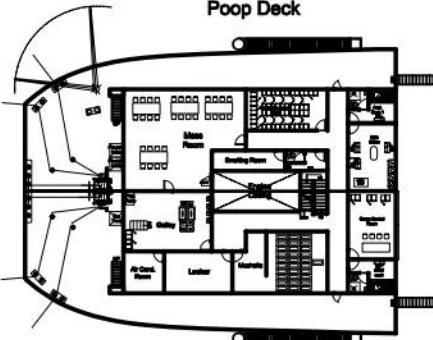
Top Deck



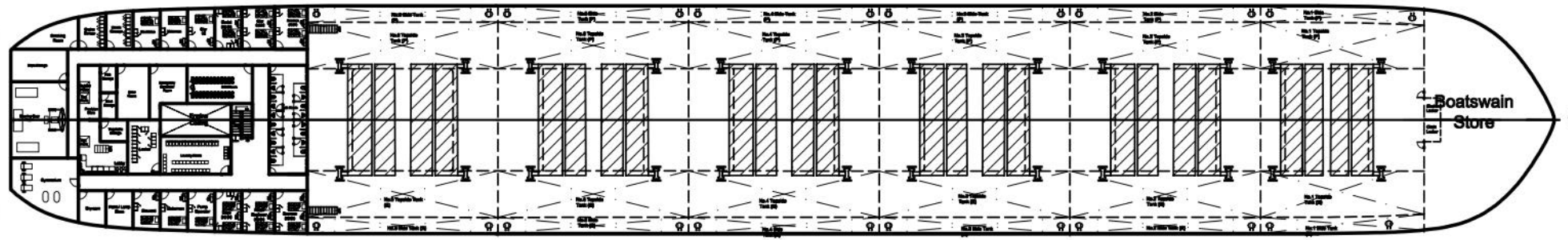
Forecastle Deck



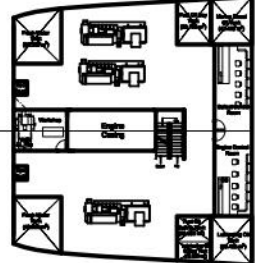
Poop Deck



Main Deck



Tween Deck at 9.5 m

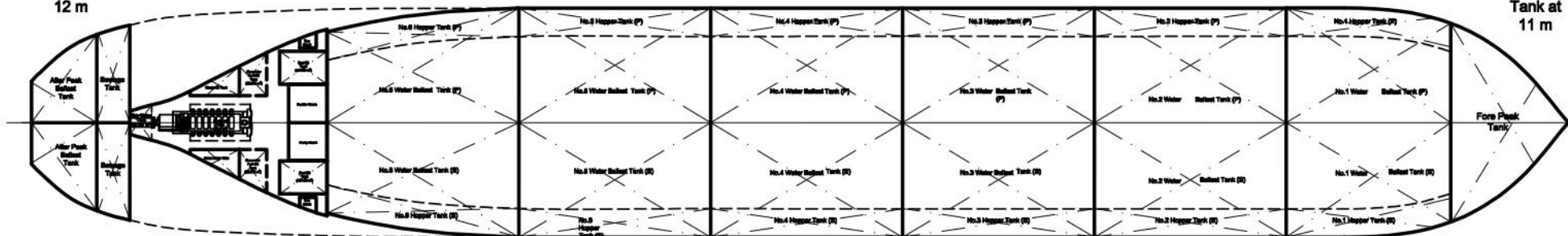


After Peak Tank at 12 m


Double Bottom at 2 m

Double Bottom at 1.5 m

Fore Peak Tank at 11 m



PRINCIPAL DIMENSION	
SHIP TYPE	: Bulk Carrier
LENGTH OVERALL	: 169.3 M
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR	: 162.7 M
MOULDED BREADTH	: 25 M
MOULDED DEPTH	: 14.2 M
MOULDED DRAUGHT	: 10 M
BLOCK COEFFICIENT	: 0.85
DESIGNED SERVICE SPEED	: 12 KNOTS



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

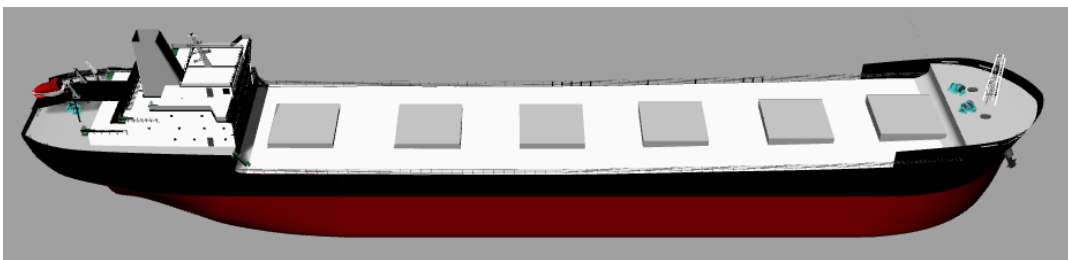
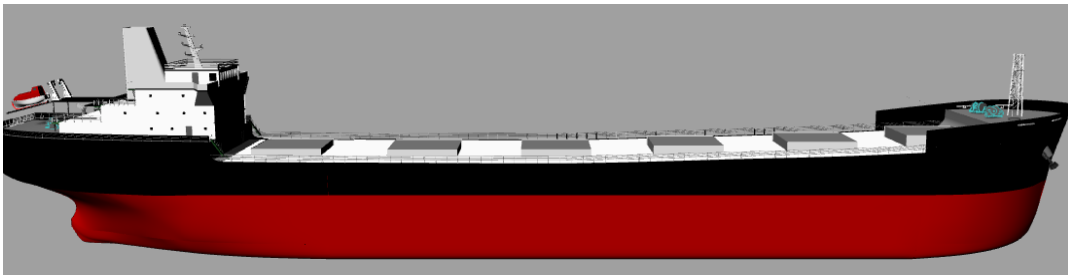
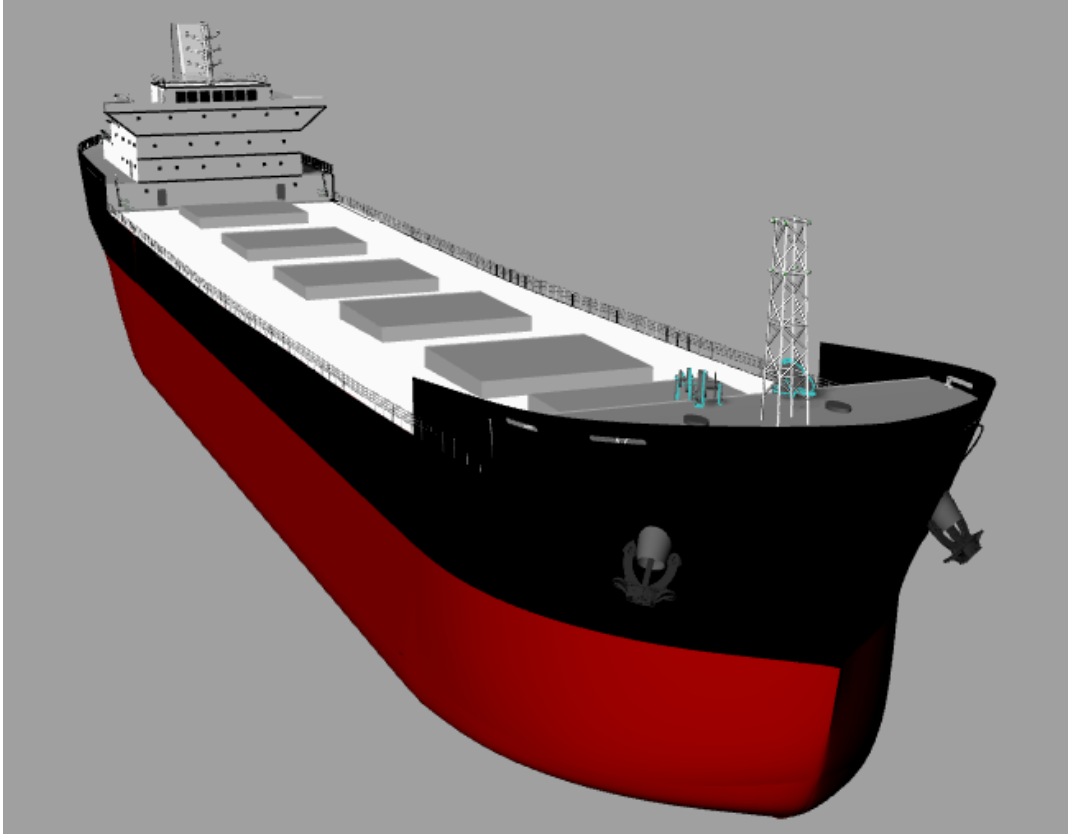
## MV FLUCTUS MAGNI

### GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	1 : 150	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Fathan Nurudin			
APPROVED	Hasanudin S.T., M.T.			



## LAMPIRAN F 3D MODEL



## BIODATA PENULIS



Fathan Nurudin, itulah nama lengkap dari penulis. Dilahirkan di Tangerang pada 1 November 1997 silam, Penulis merupakan anak kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Fajar Islami, kemudian melanjutkan ke SD Islamic Village hingga kelas 5 dilanjut SDN Sudimara 1, SMPN 24 Kota Tangerang dan SMAN 3 Kota Tangerang. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur PKM.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Bendahara BSO Hydromodelling Himatekpal 2016/2017 serta kepala *staff* Departemen Kemahasiswaan Himatekpal 2017/2018. Penulis juga pernah mengikuti pelatihan *software* Autodesk Inventor serta beberapa pelatihan lain.

Email: [fathan011197@gmail.com](mailto:fathan011197@gmail.com)