



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - MN141581**

**DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE (SPCB)*  
DENGAN *SELF-LOADING/UNLOADING EQUIPMENT*  
UNTUK JALUR PELAYARAN SANGATA  
(KALIMANTAN TIMUR) - TIDORE (MALUKU UTARA)**

**SURYO ADI PRAKOSO**  
NRP. 4110 100 081

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

**JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN**  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2016



---

**FINAL PROJECT - MN141581**

**DESIGN OF *SELF-PROPELLED COAL BARGE (SPCB)*  
WITH *SELF-LOADING/UNLOADING EQUIPMENT*  
FOR SANGATA (KALIMANTAN TIMUR) - TIDORE  
(MALUKU UTARA) ROUTE**

**SURYO ADI PRAKOSO**  
NRP. 4110 100 081

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

**DEPARTEMENT OF NAVAL ARCHITECT AND SHIPBUILDING ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2016**



---

TUGAS AKHIR - MN141581

**DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE* (SPCB)  
DENGAN *SELF-LOADING/UNLOADING EQUIPMENT*  
UNTUK JALUR PELAYARAN SANGATA  
(KALIMANTAN TIMUR) - TIDORE (MALUKU UTARA)**

SURYO ADI PRAKOSO  
NRP. 4110 100 081

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

JURUSAN TEKNIK PERKAPALAN  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember  
Surabaya  
2011

## LEMBAR PENGESAHAN

# DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE* (SPCB) DENGAN *SELF-LOADING/UNLOADING EQUIPMENT* UNTUK JALUR PELAYARAN SANGATA (KALIMANTAN TIMUR) – TIDORE (MALUKU UTARA)

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal  
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**SURYO ADI PRAKOSO**  
NRP. 4110 100 0081

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

  
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

NIP. 19681212 199402 2 001

SURABAYA, 25 Januari 2016

## LEMBAR REVISI

### DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE* (SPCB) DENGAN *SELF-LOADING/UNLOADING EQUIPMENT* UNTUK JALUR PELAYARAN SANGATA (KALIMANTAN TIMUR) – TIDORE (MALUKU UTARA)

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir

Tanggal .....

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Perancangan Kapal  
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**SURYO ADI PRAKOSO**

NRP. 4110 100 0081

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D
3. Wing Hendroprasetyo A.P, S.T, M.Eng

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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

SURABAYA, 20 Januari 2016



# **DESAIN *SELF-PROPELLED COAL BARGE (SPCB)* DENGAN *SELF-LOADING/UNLOADING EQUIPMENT* UNTUK JALUR PELAYARAN SANGATA (KALIMANTAN TIMUR) – TIDORE (MALUKU UTARA)**

**Nama** : Suryo Adi Prakoso  
**NRP** : 4110 100 081  
**Jurusan** : Teknik Perkapalan  
**Dosen Pembimbing** : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M. Sc

## **ABSTRAK**

Sarana transportasi laut di Maluku sangat terbatas sekali, apalagi jika menyangkut penggunaan alat berat yang ada di tiap pelabuhan di Maluku, sangat terbatas dan peminjaman alat tersebut memerlukan dana yang besar. Maluku dengan kebutuhan akan pasokan listrik yang kian lama semakin besar bisa dipastikan akan banyak memerlukan kapal pengangkut batubara dan juga sarana *loading unloading* dari batubara tersebut sangat dibutuhkan untuk mempermudah pengangkutan batubara tersebut. Pada tugas akhir ini direncanakan sebuah kapal khusus pengangkut batubara untuk kawasan Maluku dengan kapasitas muatan yang didapat dari perhitungan kebutuhan batubara dikawasan tersebut, kemudian mencari *deadweight* dan ukuran utama dari kapal. Dengan ukuran utama yang didapat kemudian dilakukan perhitungan teknis seperti hambatan dan propulsi kapal, berat dan titik berat, freeboard, serta stabilitas, kemudian mendesain rencana garis dan rencana umum. Perancangan kapal khusus pengangkut batubara ini diharapkan dapat menjadi solusi mengefisienkan penggunaan alat berat untuk *loading* maupun *unloading* batubara. Dari proses desain ini didapat ukuran *Self-Propelled Barge* adalah  $L_{pp} = 93,731$  m,  $B = 18,361$  m,  $H = 8,008$  m,  $T = 5,269$  m.

**Kata kunci:** *Self loading/unloading equipment*, kapal khusus pengangkut batubara, *Self-Propelled coal Barge*.

***DESIGN SELF-PROPELLED COAL BARGE (SPCB) WITH SELF-LOADING/UNLOADING EQUIPMENT FOR SANGATA (KALIMANTAN TIMUR) – TIDORE (MALUKU UTARA)***

***Author*** : ***Suryo Adi Prakoso***  
***ID No.*** : ***4110 100 081***  
***Department*** : ***Naval Architecture & Shipbuilding Engineering***  
***Supervisors*** : ***Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.***

**ABSTRACT**

*Marine transportation in Maluku is limited, especially if it involves use of heavy equipment in every port in Maluku, it is rare and need much cost to borrow the heavy equipment for unloading the material from the vessel. Due to the need for power supplies that are becoming increasingly in Maluku, this could certainly need coal ship loading and unloading for facilitate the coal transportation. In this final assignment is need to planned a special ship carrying coal to Maluku region, capacity of coal obtained from the calculation of the region's power supply needs, then look for deadweight and main size of the vessel. With the obtained main dimension then made technical calculations such as ship propulsion, weight and center of gravity, freeboard, and stability, and then design the lines plan and the general arrangement. Designing this special ships is expected to be a solution for the use of heavy equipment for loading and unloading process. From the design process conduct the size of Self-Propelled coal Barge is  $L_{pp} = 93.731$  m,  $B = 18.361$  m,  $H = 8.008$  m,  $T = 5.269$  m.*

***Key words:*** *Self loading/unloading equipment, special ship for carried coal, Self-Propelled coal Barge.*

# DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PENGESAHAN.....	ii
LEMBAR REVISI.....	iii
HALAMAN PERUNTUKAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
ABSTRAK.....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
BAB 1	
PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan.....	2
1.5 Manfaat.....	3
BAB II	
TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Transportasi Batu Bara.....	4
2.2 Tongkang.....	5
2.3 Tongkang Dengan Sistem Penggerak Sendiri ( <i>Self-Propelled Barge</i> ).....	8
2.4 Loading Unloading Equipment.....	9
2.5 Sistem Propulsi.....	10
2.5.1 <i>L-drive System</i> .....	11
2.5.2 <i>Z-drive System</i> .....	12
2.5.3 <i>Azipod System</i> .....	12
2.6 Sistem <i>Unloading Crane</i> .....	13

2.6.1 <i>Sling</i> .....	18
2.6.2 <i>Grab Lifting Equipment</i> .....	18
2.6.3 <i>Spesifikasi Crane</i> .....	19
2.7 <i>Alat Tambat barge</i> .....	20
2.7.1 <i>Jangkar</i> .....	20
2.7.2 <i>Rantai Jangkar</i> .....	20
2.7.3 <i>Anchor Winch</i> .....	21
2.7.4 <i>Tali Temali</i> .....	21
2.7.5 <i>Hawse Pipe dan Anchor Pocket</i> .....	21
2.7.6 <i>Alat Tambat</i> .....	22
2.8 <i>Teori Desain</i> .....	22
2.8.1 <i>Desain Statement</i> .....	22
2.8.2 <i>Concept Design</i> .....	23
2.8.3 <i>Preliminary Design</i> .....	24
2.8.4 <i>Contract Design</i> .....	24
2.8.5 <i>Detail Design</i> .....	25
2.9 <i>Metode Perancangan Kapal</i> .....	25
2.9.1 <i>Parent Design Approach</i> .....	25
2.9.2 <i>Trend Curve Approach</i> .....	26
2.9.3 <i>Iteratif Design Approach</i> .....	26
2.9.4 <i>Parametric Design Approach</i> .....	26
2.10 <i>Tinjauan Teknis Perancangan Kapal</i> .....	27
2.11 <i>Penyusunan Ukuran Utama</i> .....	31
<b>BAB III</b>	
TINJAUAN DAERAH.....	34
3.1 <i>Terminal Batu bara Sangata (Kalimantan Timur)</i> .....	34
3.2 <i>Pelabuhan PLTU Tidore</i> .....	36
3.3 <i>Jalur Pelayaran</i> .....	37
<b>BAB IV</b>	
METODOLOGI PENELITIAN .....	38
4.1 <i>Diagram Alir Penelitian</i> .....	38
4.2 <i>Langkah Pengerjaan</i> .....	39
4.3 <i>Mulai</i> .....	39

4.4 Tahap Pengumpulan Data .....	39
4.5 Tahap Studi Literatur.....	40
4.6 Tahap Pengolahan Data .....	40
4.7 Tahap Desain .....	42
4.8 Kesimpulan dan Saran .....	42
<b>BAB V</b>	
<b>ANALISIS TEKNIS.....</b>	<b>43</b>
5.1 <i>Owner's Requirements</i> .....	44
5.1.2 <i>Penentuan Ukuran Utama Awal</i> .....	44
5.1.3 <i>Kapasitas Muatan</i> .....	47
5.1.4 <i>Kecepatan Kapal</i> .....	47
5.1.5 <i>Penentuan Waktu Operasi Kapal</i> .....	47
5.1.6 <i>Penentuan Pola Operasi</i> .....	49
5.2 <i>Perhitungan Awal</i> .....	51
5.2.1 <i>Froude Number (Fn)</i> .....	51
5.2.2 <i>Koefisien Block (Cb)</i> .....	51
5.2.3 <i>Koefisien Midship (Cm)</i> .....	51
5.2.4 <i>Koefisien Perismatik (Cp)</i> .....	52
5.2.5 <i>Koefisien Waterplan (Cwp)</i> .....	52
5.2.6 <i>Length Center of Bouyancy (LCB)</i> .....	52
5.2.7 <i>Displacement</i> .....	53
5.3 <i>Perhitungan Tahanan SPCB</i> .....	53
5.4 <i>Perhitungan DWT dan LWT</i> .....	56
5.5 <i>Pemeriksaan</i> .....	58
5.5.1 <i>Hukum Archimedes</i> .....	58
5.5.2 <i>Perhitungan Daya dan Pemilihan Motor Induk</i> .....	58
5.5.3 <i>Perhitungan Stabilitas</i> .....	60
5.5.4 <i>Perhitungan Lambung Timbul</i> .....	64
5.6 <i>Biaya Pembuatan Kapal</i> .....	66
5.7 <i>Pembuatan Rencana Garis</i> .....	68
5.8 <i>Pembuatan Rencana Umum</i> .....	72
5.8.1 <i>Penentuan Sistem Crane Grab</i> .....	73
5.8.2 <i>Sistem Propulsi</i> .....	73

5.8.3 Peletakan Sekat .....	73
5.8.4 Perencanaan Lampu Navigasi .....	73
5.8.5 Penentuan Sistem Keselamatan .....	74
<b>BAB VI</b>	
<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>79</b>
6.1. Kesimpulan .....	79
6.2. Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>78</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>A RENCANA GARIS</b>	
<b>B RENCANA UMUM</b>	
<b>C PERHITUNGAN TEKNIS</b>	

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Tongkang konvensional .....	9
<b>Gambar 2.2</b> Tongkang pengangkut minyak ( <i>Oil Barge</i> ).....	10
<b>Gambar 2.3</b> Tongkang pengangkut cairan kimia ( <i>Chemical Barge</i> ).....	10
<b>Gambar 2.4</b> Tongkang pengangkut batubara ( <i>Coal Barge</i> ) .....	11
<b>Gambar 2.5</b> Tongkang pengangkut kontainer ( <i>Container Barge</i> ).....	11
<b>Gambar 2.6</b> Kapal dengan alat bongkar muat .....	13
<b>Gambar 2.7</b> Kapal dengan alat bongkar muat .....	13
<b>Gambar 2.8</b> <i>L-Drive system</i> .....	14
<b>Gambar 2.9</b> <i>Z-Drive system</i> .....	15
<b>Gambar 2.10</b> Azipod system .....	16
<b>Gambar 2.11</b> Pengangkatan Crane .....	18
<b>Gambar 2.12</b> Pengangkatan Crane .....	18
<b>Gambar 2.13</b> Model pengangkatan crane .....	19
<b>Gambar 2.14</b> Model pengangkatan crane .....	19
<b>Gambar 2.15</b> Crane Clearance.....	20
<b>Gambar 2.16</b> model pengangkatan crane .....	20
<b>Gambar 2.17</b> <i>grab lifting equipment</i> .....	21
<b>Gambar 2.18</b> model <i>crane</i> .....	22
<b>Gambar 2.19</b> spesifikasi teknik crane.....	23
<b>Gambar 2.20</b> Spiral Desain (Evans, 1959) .....	26
<b>Gambar 3.1</b> Peta Indonesia .....	37
<b>Gambar 3.2</b> Terminal batu bara.....	38
<b>Gambar 3.3</b> PLTU Tidore.....	39
<b>Gambar 3.4</b> Jalur Pelayaran SPCB .....	39
<b>Gambar 5.1</b> Grafik DWT – Lpp .....	46
<b>Gambar 5.2</b> Grafik DWT – B .....	46
<b>Gambar 5.3</b> Grafik DWT – H.....	46
<b>Gambar 5.4</b> Grafik DWT – T .....	47
<b>Gambar 5.5</b> Penentuan pola operasi kapal 1 .....	50
<b>Gambar 5.6</b> Penentuan pola oprasi kapal 2 .....	51

<b>Gambar 5.7</b> Penentuan pola oprasi kapal 3 .....	51
<b>Gambar 5.8</b> Penentuan pola oprasi kapal 4 .....	52
<b>Gambar 5.9</b> Grafik % Lcb – Cb.....	54
<b>Gambar 5.10</b> Mesin Induk MAN B&W type 6 L27/38.....	59
<b>Gambar 5.11</b> Mesin Induk MAN B&W type 6 L27/38.....	60
<b>Gambar 5.12</b> <i>Parametric transformations</i> .....	73
<b>Gambar 5.13</b> Pembuatan <i>lines plans</i> dengan <i>Maxsurf 20</i> .....	74
<b>Gambar 5.14</b> Nilai hidrostatik model .....	75
<b>Gambar 5.15</b> Rencana Garis .....	76
<b>Gambar 5.16</b> <i>Main deck</i> .....	77
<b>Gambar 5.17</b> Sekoci Penolong .....	80
<b>Gambar 5.18</b> Rencana Umum <i>Self-Propelled Barge</i> pengangkut minyak.....	82

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 5.1</b> Data Kapal Penumpang Barang .....	45
<b>Tabel 5.2</b> Ukuran Utama Awal .....	47
<b>Tabel 5.3</b> Tabel regresi <i>Structural cost</i> .....	68
<b>Tabel 5.4</b> Tabel regresi <i>Outfitting cost</i> .....	69
<b>Tabel 5.5</b> Tabel regresi <i>Machinery cost</i> .....	70

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Potensi batubara di Indonesia yang begitu besar menjanjikan untuk terus dikembangkan. Tingginya cadangan batu bara memungkinkan pemanfaatannya untuk dijadikan energi listrik menggantikan minyak bumi. Batu bara yang terdapat di Indonesia dan bisa ditambang mencapai 9 miliar ton atau 1,2 persen dari keseluruhan total cadangan batu bara di dunia. Dan salah satu penyedia batubara terbesar di Indonesia adalah Kalimantan Timur

Berdasarkan data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, produksi batu bara di tahun 2009 mencapai 225 juta ton, yang terbagi atas 75 juta ton untuk pemanfaatan dalam negeri dan 150 juta ton untuk ekspor. Produksi tersebut meningkat dibandingkan tahun 2008 (198 juta ton) dan tahun 2007 (196 juta ton).

Tingginya produksi batu bara belum diikuti dengan optimalisasi pemanfaatannya karena masih tingginya ketergantungan terhadap minyak bumi sebagai sumber energi. Belum digunakannya sumber energi lain karena masih terkendala oleh minimnya teknologi pemanfaatan dan kesadaran yang terlambat muncul.

Saat ini, Sumber energi yang masih banyak digunakan masih didominasi minyak bumi. penggunaan minyak bumi sebagai sumber energi pada tahun 2006 mencapai 53 persen, batu bara 22 persen, gas bumi 21 persen, dan energi lainnya 4 persen. Pada tahun 2025, diperkirakan terjadi perubahan pemanfaatan sumber energi, yaitu batu bara (33 persen), gas bumi (30 persen), minyak bumi (21 persen), dan energi lain (17 persen).

Berdasarkan survei Frasser Institute tahun 2008-2009, dari 71 negara penghasil sumber daya mineral Indonesia menduduki peringkat ke-7 dari segi potensi tetapi menduduki peringkat ke-41 dari segi daerah yang menjadi target investor.

Kebuthan pasokan listrik yang tinggi dikawasan Maluku membuat semakin dibutuhkannya pasokan batubara yang memadai, karena banyak tenaga pembangkit listrik yang ada di Maluku masih menggunakan batubara sebagai bahan utama untuk membangkitkan listrik tenaga uap.

Sedang di Maluku sendiri dicanangkan oleh pemerintah akan dibangun tambahan PLTU(Pembangkit Listrik Tenaga Uap) dan hal ini akan semakin banyak membutuhkan batubara untuk dipasok. Maluku sendiri sekarang sangat mebutuhkan banyak energi listrik karena di Maluku sering terjadi pemadaman listrik, oleh karena itu pembuatan kapal pengangkut batubara yang efisien dari segi pengangkutan batubara sangat diperlukan, apalagi yang tidk banyak memakan tempat untuk *loading* maupun *unloading*, dikarenakan pelabuhan di Maluku sangat sempit dan tidak banyak memberikan tempat untuk dibangun *crane*.

Solusi yang ditawarkan utuk mengatasi masalah ini adalah dengan menggunakan SPCB(*Self Propelled Coal Barge*) dengan *self loading unloading* di kapal tongkang tersebut untuk mengangkut batubara seefisien mungkin. Dengan menggunakan *grab* yang dimodifikasi dan bisa diangkat dalam kapal tongkang terebut diharapkan bisa meminimalisir dana serta pemanfaatan alat di pelabuhan menjadi lebih sederhana lagi.

## **1.2 Perumusan Masalah**

Sehubungan dengan latar belakang, permasalahan yang akan dikaji dalam proposal tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana menentukan *Layout* awal desain kapal?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal?
3. Bagaimana mendesain rencana garis dan rencana umum?

## **1.3 Batasan Masalah**

Batasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga dapat sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Desain kapal terbatas dengan hasil akhir berupa: Ukuran utama, Rencana Garis dan Rencana Umum.
2. Desain kapal tidak disertai desain konstruksinya.
3. Pengoperasian kapal hanya untuk kawasan Maluku dan Maluku utara.

## **1.4 Tujuan**

Sehubungan dengan latar belakang, tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Memperoleh *Layuot* awal kapal.
2. Memperoleh jenis alat bongkar muat yang cocok

3. Memperoleh waktu operasi kapal
4. Memperoleh ukuran utama kapal yang optimum.
5. Memperoleh rencana garis dan rencana umum.

### **1.5 Manfaat**

Dari penulisan Tugas Akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Mengatasi kurangnya sarana alat di pelabuhan yang kurang memadai.
2. Menyediakan kapal khusus pengangkut batubara di kawasan Maluku dan Maluku utara.
3. Dapat dijadikan solusi alternatif dalam menunjang kebutuhan pengangkutan batubara di seluruh Indonesia.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Transportasi Batu Bara**

Batu bara memiliki kandungan energi yang relatif rendah dari masa jenisnya dan dapat bersaing dipasaran dengan bahan bakar lainnya sebagai bahan bakar *boiler* yang terjangkau. Di amerika sendiri pengiriman batubara sudah menjadi hal yang sangat lumrah dan sangat berkembang sekali karena didukung oleh bermacam fasilitas yang memadai yang diperlukan untuk *loading* maupun *unloading* batubara tersebut. kemampuan pemrosesan lebih

cepat) yang diperlukan. Selain itu, beberapa skema mungkin untuk mengangkut batu bara uap dari tambang ke pasar luar negeri telah dianggap. Skema ini didasarkan pada transportasi laut koping dengan pipa atau kereta api transportasi dan bergerak batubara baik kering atau bubuk untuk

1. Skema pertama melibatkan transportasi dari tambang ke pabrik persiapan (pengurangan ukuran, penyimpanan, dan memompa), untuk pipa, dan ke kapal, dan dari kapal ke stasiun pompa / pipa dan pengeringan termal.
2. Skema kedua adalah mirip dengan yang pertama skema, kecuali batubara tersebut dikurangi kadar airnya sebelum dimuat ke kapal dan di pantai lain batubara diubah menjadi lebih lembek sebelum dikirim melalui pipa.
3. Dalam skema ketiga, batubara dikurangi ukurannya dan dicuci sebelum dimasukkan kereta api.

Pada bagian ini batubara sudah siap digunakan. PLTU Maluku Utara sendiri memerlukan sekitar 5000 ton batubara yang berbentuk granule (butiran) untuk mensuplai kebutuhan listriknya yang mencapai 2 X 7 MW.

Selain pengiriman dengan kapal, batubara tersebut diangkut kembali oleh truk yang berkapasitas 3-5 ton. Setelah itu batubara dimasukkan ke smelter lalu dilakukan proses pemasakan sebelum akhirnya batubara dijadikan bracket sebagai bahan bakar pembangkit listrik tenaga uap.

## **2.2 Tongkang**

Tongkang (*barge*) merupakan salah satu kapal yang didesain dengan bentuk lambung dan bagian bawah yang datar. Pada umumnya tongkang dibangun untuk perairan sungai atau danau (*inland waterway*) maupun terusan (*canal*). Pada awal perkembangannya, tongkang didesain tanpa penggerak sendiri, sehingga tongkang harus ditarik dengan kapal *tug boat*.



Gambar 2.1 Tongkang konvensional

(Sumber: <http://tongkangsewa.wordpress.com>)

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

a. Tongkang yang membawa muatan di dalam palkah

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

- Tongkang pengangkut minyak (*Oil Barge*)

Tongkang ini mempunyai pompa-pompa untuk melakukan bongkar muat sendiri.



Gambar 2.2 Tongkang pengangkut minyak (*Oil Barge*)

(Sumber: <http://www.professionalmariner.com>)

- Tongkang pengangkut cairan kimia (*Chemical Barge*)  
Adalah tongkang yang membawa cairan kimia, seperti *ethanol*, *asam sulfide*, *methanol*, dan lainnya.



Gambar 2.3 Tongkang pengangkut cairan kimia (*Chemical Barge*)

(Sumber: <http://www.maritime-executive.com>)

- b. Tongkang yang membawa muatan di atas palkah  
Tipe tongkang ini memiliki karakteristik peletakan muatan di atas *deck*. Tipe tongkang seperti ini antara lain:
- Tongkang pengangkut batubara  
Tongkang ini memiliki tambahan *side board* di atas geladak, karena mengangkut batubara maka *side board* ini berfungsi sebagai dinding untuk menahan muatan agar tetap di atas tongkang.



Gambar 2.4 Tongkang pengangkut batubara (*Coal Barge*)

(Sumber: <http://tongkangsewa.wordpress.com>)

- Tongkang pengangkut petikemas

Tongkang petikemas tidak mempunyai *side board*, tetapi supayamuatannya aman maka dilakukan sistem pengikatan seperti umumnya pada kapal petikemas.



Gambar 2.5 Tongkang pengangkut kontainer (*Container Barge*)

(Sumber: <http://www.wiedornstuff.com/newcanalbarge/process.html>)

### **2.3 Tongkang Dengan Sistem Penggerak Sendiri (*Self-Propelled Barge*)**

Dalam dunia maritim, tongkang merupakan pilihan untuk alat transportasi sungai karena kelebihanannya memiliki ukuran sarat yang sangat rendah. Tongkang dapat mengangkat barang

dalam jumlah yang sangat besar, dan biaya investasi/pembangunannya yang sangat murah dibandingkan dengan kapal yang mempunyai fungsi sama. Namun perkembangannya tongkang dengan mekanisme ditarik dengan *tug-boat* memiliki banyak kekurangan dalam pengoperasiannya di perairan sungai. Salah satu inovasi untuk mengatasi hal itu, yaitu dengan adanya tongkang dengan sistem penggerak sendiri (*Self Propelled Barge*)

Secara umum dapat digambarkan bahwa *Self Propelled Barge (SPB)* adalah kapalyang mempunyai bentuk seperti tongkang namun menggunakan tenaga pendorong sendiri. Apabila dibandingkan dengan biaya pembangunan kapal pada umumnya terlebih dengan kapal *bulk carier*, SPB mempunyai biaya pembangunan yang lebih rendah 1/3 kali dari kapal *bulk carier* [Harryadi Mulya, 2006], sehingga dapat disimpulkan pula bahwa biaya operasional SPB lebih rendah dibandingkan dengan kapal *bulk carier*. Adapun karakter dari tongkang yang menggunakan sistem penggerak sendiri dari segi operasional adalah sebagai berikut (Wicaksana, 2012).

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

## **2.4 Loading Unloading Equipment**

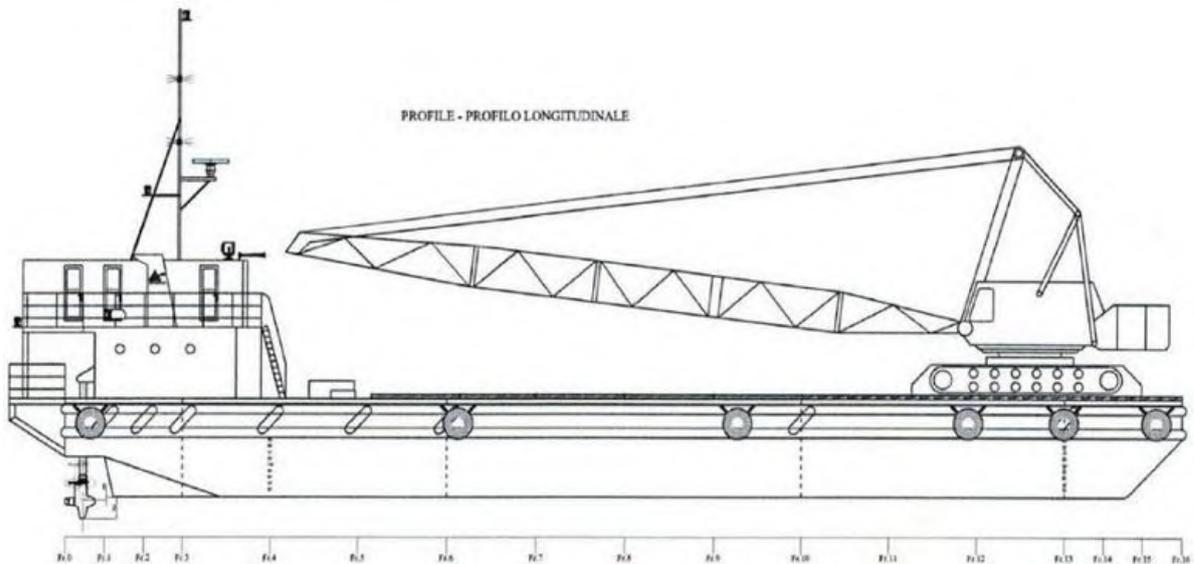
*Loading Unloading Equipment* sangat diperlukan untuk mempermudah pengangkutan. *Loading unloading equipment* dibagi menjadi beberapa bagian.

### *1. Grab type ship unloaders*

Contohnya adalah dengan menggunakan grab maupun alat alat yang sejenis. Hal ini ditujukan untuk memberikan keleluasaan yang lebih pada kapal maupun moda angkutan selain kapal untuk mempermudah bongkar muatan pada kapal dan dimasukkan kedalam truk atau moda transportasi lainnya.

### *2. Mechanical continous type ship unloader*

Adalah tipe alat bongkar muat yang menggunakan mekanik baik itu semi automatic maupun full automatic. Contohnya adalah dengan menggunakan conveyor maupun alat sejenisnya.



Gambar 2.6 Sketsa Kapal dengan alat bongkar muat  
(sumber : <http://shipforsale.com>)



Gambar 2.7 Kapal dengan alat bongkar muat  
(sumber : <http://shipforsale.com>)

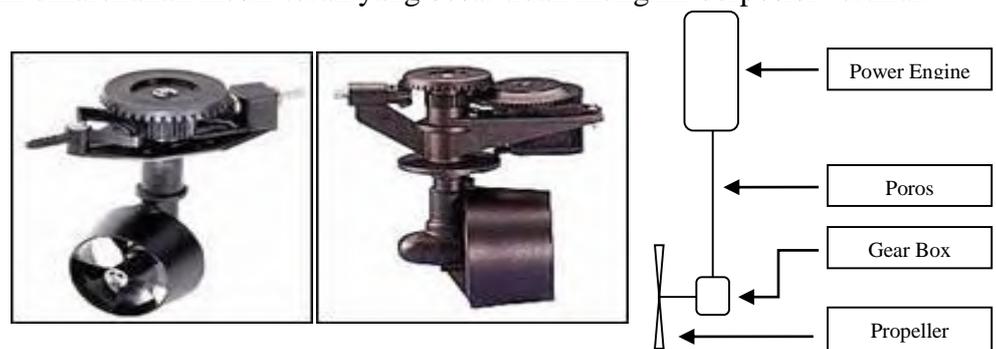
## 2.5 Sistem Propulsi

SPB yang dirancang memiliki bentuk yang khusus. Bentuk yang biasa pada Barge adalah memiliki nilai  $C_b$  yang besar antara 0.8 – 1, selain itu memiliki tinggi draft yang kecil

sehingga harus menggunakan alat gerak atau *propulsion system* yang khusus pula. Jenis *propulsion system* yang paling banyak digunakan adalah jenis *azimuth system*. Sistem ini memiliki ciri yang unik yaitu pembelokan arah poros sehingga antara propeller dan mesin tidak dalam satu garis. Hal ini dimungkinkan karena menggunakan sistem ini dapat digunakan pada kapal yang memiliki draft yang kecil. Selain itu, *azimuth system* memiliki keunikan lainnya. Dengan dimungkinkan memiliki poros yang tidak segaris dengan mesin maka arah *propeller* dapat dibelokkan sehingga sistem ini tidak memerlukan *rudder system* karena fungsinya sudah diganti oleh *azimuth system*. Pemasangan *azimuth system* ini pada barge harus berkonfigurasi *twin propulsion*. Hal ini dikarenakan bentuk barge yang hampir berbentuk kotak sehingga aliran fluida tidak sepenuhnya menyatu pada bagian tengah buritan, maka penempatan yang efektif yaitu pada sisi samping yang masih dilalui aliran fluida. Selain itu menggunakan *twin azimuth system* akan membuat barge bermanuver lincah. Dalam perkembangan selama ini ada 3 jenis *azimuth system* :

#### 2.5.1 L-drive System

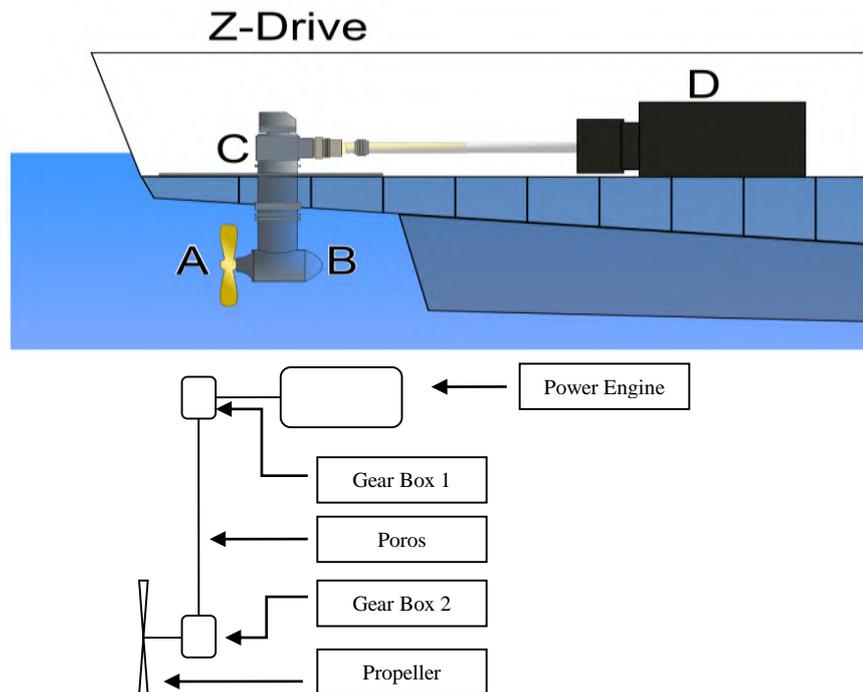
Sistem ini memiliki bentuk alur poros yang membentuk huruf L. Dalam sistem ini *power engine* ditempatkan pada posisi vertikal (berdasar arah porosnya) kemudian diteruskan oleh poros panjang dan dibelokkan 90° oleh *gearbox* sampai berposisi horizontal dan akhirnya diteruskan pada *propeller*. Pada umumnya untuk ukuran kecil bermesin torak, contohnya adalah mesin tempel pada boat. Untuk yang besar bermesin elektrik. Hal ini dikarenakan mesin torak yang besar tidak mungkin berposisi vertikal.



Gambar 2.8 L-Drive system

(Sumber: [www.dwgtrading.com](http://www.dwgtrading.com))

### 2.5.2 Z-drive System



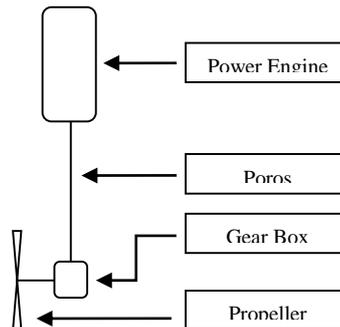
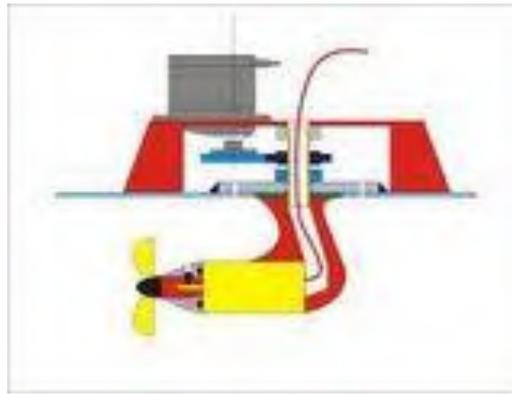
Gambar 2.9 Z-Drive system

(Sumber: [http://ja.wikipedia.org/wiki/Z-Drive\\_side\\_view.PNG](http://ja.wikipedia.org/wiki/Z-Drive_side_view.PNG))

Sistem ini hampir sama dengan dengan L-Drive system. Bedanya Z-drive system mempunyai penempatan posisi power engine secara horizontal seperti pada umumnya kapal biasa. Hal ini dimaksudkan jika pemakaian power engine menggunakan mesin torak walaupun tidak sedikit elektrik engine menggunakan sistem ini. Dan juga sistem ini memiliki keuntungan dibanding L-Drive system yaitu ruang mesin mempunyai ketinggian rendah. Tetapi Z-Drive system memiliki power lose yang lebih besar karena memakai gearbox yang banyak.

### 2.5.3 Azipod System

*Azipod system* adalah bentuk *azimuth system* yang menempatkan power engine pada *outboard* yaitu didekat propeler, tak seperti *L-drive system* dan *Z-drive system* yang power enginenya pada *inboard*. Hal ini dimaksudkan agar efisiensi tenaga menjadi lebih besar karena tanpa adanya poros yang panjang dan *gearbox*. Sistem ini memiliki kekurangan yaitu memiliki desain yang besar sehingga kurang cocok digunakan pada kapal yang memiliki *draft* yang kecil. Dan juga sistem ini mahal harga dan perawatannya. Sistem ini biasa digunakan oleh kapal kapal pesiar yang besar.



Gambar 2.10 Azipod system

(Sumber: <http://www.acgroups.com>)

## 2.6 Sistem Unloading Crane

Sistem *Unloading Crane* dibutuhkan untuk bongkar muatan di pelabuhan. Dengan menggunakan crane bongkar muatan di pelabuhan akan efektif dan tidak menggunakan *loader* maupun *conveyor belt* yang disewa.

*Belt Conveyor* sebagai alat pemindah material merupakan pilihan utama yang diprioritaskan untuk menangani pemindahan material curah dengan tingkat kesulitan medan yang tinggi dan jarak pemindahan yang jauh. Perubahan orientasi arah pemindahan dari horizontal ke menyudut maupun sebaliknya mengakibatkan lintasan *Belt Conveyor* harus disesuaikan. Profil ini membentuk suatu lintasan cekung maupun cembung. Penentuan radius minimum inklinasi mengambil peran penting dalam pengoperasian belt conveyor untuk mendapatkan kapasitas pemindahan yang dibutuhkan, sesuai dengan karakteristik material yang dipindahkan.

*Conveyor* adalah suatu sistem mekanik yang mempunyai fungsi memindahkan barang dari satu tempat ke tempat yang lain. *Conveyor* banyak dipakai di industri untuk transportasi barang yang jumlahnya sangat banyak dan berkelanjutan. Dalam kondisi tertentu, *conveyor* banyak dipakai karena mempunyai nilai ekonomis dibanding transportasi berat seperti truk dan

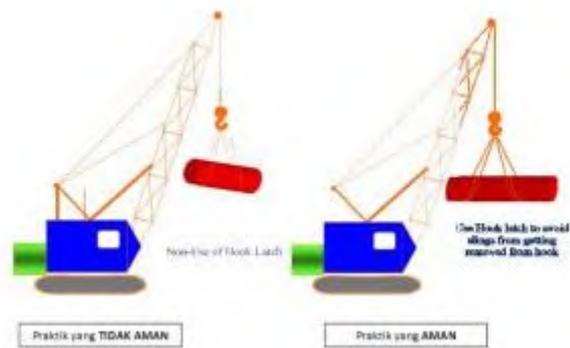
mobil pengangkut. Jenis *conveyor* membuat penanganan alat berat tersebut / produk lebih mudah dan lebih efektif. Banyak konveyor rol dapat bergerak secepat 75 kaki / menit. *Conveyor* dapat memobilisasi barang dalam jumlah banyak dan kontinyu dari satu tempat ke tempat lain. Perpindahan tempat tersebut harus mempunyai lokasi yang tetap agar sistem *conveyor* mempunyai nilai ekonomis. Kelemahan sistem ini adalah tidak mempunyai fleksibilitas saat lokasi barang yang dimobilisasi tidak tetap dan jumlah barang yang masuk tidak kontinyu.

Banyak sekali macam jenis dan kateristik *conveyor* untuk keperluan banyak macam proses produksi. Sebelum memutuskan untuk mendesain suatu *conveyor*. Sebelumnya harus dipahami terlebih dahulu bagaimana alur proses produksi yang nantinya akan dilewati *conveyor*, serta tipe produk atau bentuk barang yang akan melewati conveyor

Tabel 3.1 perbandingan *conveyor* dan *crane*

Keutamaan dan kekurangan	<i>Crane Grab</i>	<i>Conveyor belt</i>
Mobilisasi	Lebih mobil karena dengan mudah bongkar muat	Butuh penyesuaian sudut elevasi agar benda bias dipindahkan
Biaya	Lebih mahal	Lebih murah
volume	Sedikit memakan tempat karena dipasang secara vertikal	Pemasangan secara horizontal membuat conveyor harus diperhatikan kapasitas muatan yang akan diangkut
System	Tidak membutuhkan system khusus karena sudah sesuai dengan buatan pabrik	Memerlukan system khusus untuk pemindahan dan pengaturan sudut elevasi

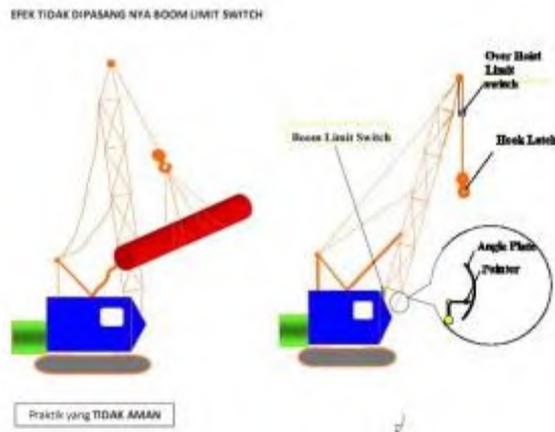
Sedangkan *Crane* digunakan untuk mengangkat muatan secara vertikal, menahannya apabila diperlukan, dan menurunkan muatan ke tempat lain yang ditentukan dengan mekanisme pendongkrak (*luffing*), pemutar (*slewing*), dan pejalan (*travelling*). Berdasarkan konstruksi crane dikelompokkan menjadi: *Mobile cranes Crawler crane* (crane roda rantai) *Wheel crane* (crane roda ban) *Truck mounted crane* (crane dipasang pada *truck*) *Modified cranes* (crane modifikasi) *Crane* tetap *Tower crane Crawler crane* (crane roda rantai) *Wheel crane* (crane roda ban) *Truck mounted crane* (crane dipasang pada *truck*) *Modified cranes* (crane modifikasi)



Gambar 2.11 Pengangkatan Crane

(Sumber: <http://www.safety-crane.com>)

Proses pengangkatan seperti gambar di atas menjadi aman ketika semua hook latch pada sling dikaitkan yang ada pada crane sehingga beban menjadi lebih stabil saat terjadi proses pengangkatan



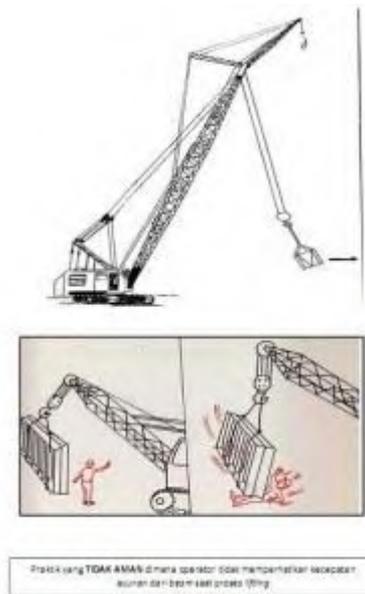
Gambar 2.12 Pengangkatan Crane

(Sumber: <http://www.safety-crane.com>)

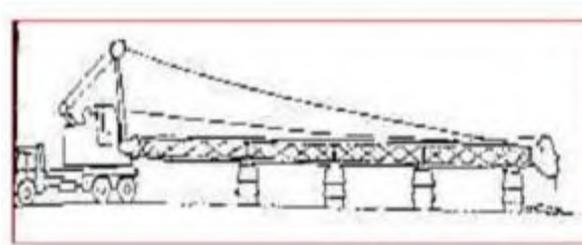
Dengan tidak dipasangnya *boom limit switch*, maka ketika proses pengangkatan, tidak ada pengontrol untuk derajat pengangkatan dari *boom* sehingga dapat berakibat *boom* mengalami *over degree* dan dapat menabrak pada *main body* dari *crane* atau bahkan dapat mencederai operator yang ada pad*control room* dalam *crane*.

Tentunya sebelum dilakukan pekerjaan dengan menggunakan segala jenis peralatan terutama alat alat berat seperti crane ini, pastikan dulu seluruh safety devices terpasang dan dalam kondisi yang bagus dan dapat beroperasi untuk melindungi operator ketika terjadi penyimpangan pada mesin saat mesin beroperasi.

Pada pengoperasian *crane* ini perlu diperhatikan juga kecepatan pengayunan *boom* saat mengangkat muatan. Jika operator tidak memperhatikan kecepatan pengayunan tersebut, maka benda yang diangkat dapat terayun dengan kencang dengan radius di luar radius aman dan dapat sangat berbahaya ketika dalam radius tersebut terdapat pekerja atau bangunan lain yang dapat menimbulkan *incident* atau bahkan *accident* yang sangat parah.



Gambar 2.13 model pengangkatan crane  
(Sumber: <http://www.safety-crane.com>)



Gambar 2.14 model pengangkatan crane  
(Sumber: <http://www.safety-crane.com>)

Kesalahan dalam proses penyangga *boom* saat pemasangan atau pembongkaran dari *beam crane* ini dapat mengakibatkan robohnya *beam crane* dan tentu saja dampaknya sangat besar terutama cedera pada manusia yang ada di sekitarnya, bisa sangat parah atau bahkan kematian.

Pada kondisi khusus, *crane* dapat beroperasi di area yang dekat dengan *power line* dengan tegangan yang sangat tinggi. Hal ini merupakan resiko yang sangat besar bagi operator jika terjadi kelalaian sedikit saja maka *boom crane* dapat menabrak *power line* dan

operator di dalamnya dapat tersengat listrik ribuan volt dan dapat juga menyebabkan kematian bagi operator tersebut.

Table di bawah ini menjelaskan tentang berapa jarak yang aman ketika *crane* beroperasi di area dekat dengan *power line* tegangan tinggi.

Rated Volatage kV Ph tp Ph rms	Minimum safe clearance	
	Meter	Feet
> 6.6 kV		2.57
> 6.6 kV	<= 11 kV	2.59
> 11 kV	<= 22 kV	2.64
> 22 kV	<= 33 kV	2.75
> 33 kV	<= 66 kV	3
> 66 kV	<= 132 kV	3.43
> 132 kV	<= 245 kV	4.57
> 245 kV	<= 400 kV	5.48

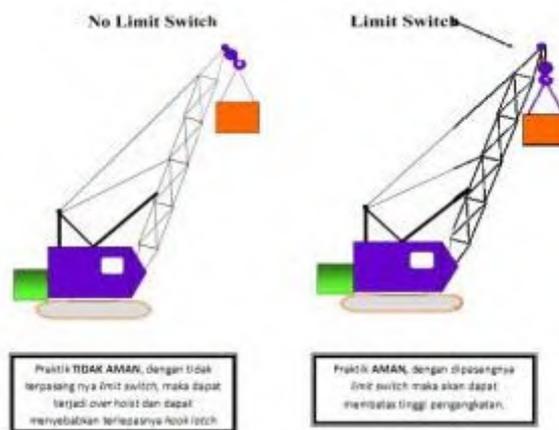
Gambar 2.15 crane clearance

(Sumber: <http://www.safety-crane.com>)

Pada saat pengoperasian *crane* yang di sekitar nya terdapat bangunan, tumpukan barang atau kendaraan lain, pastikan ada jarak aman yang tidak terisi oleh benda apapun sehingga *crane* yang sedang beroperasi dapat melakukan putaran dengan aman tanpa ada nya hambatan apapun.

Jarak minimum untuk area berputar nya *crane* tersebut sekitar 600 – 1000 mm dari *body crane* ke material – material yang ada di sekitar nya.

Namun ketika jalur ini tidak tersedia maka pada saat proses *lifting activity* berjalan, semua akses yang menuju areal *lifting activity* dan dekat dengan *crane* harus ditutup.



Gambar 2.16 model pengangkatan crane

(Sumber: <http://www.safety-crane.com>)

### 2.6.1 Sling

*Sling* merupakan alat bantu dalam pekerjaan lifting, terbuat dari material seperti rantai, kawat, baja atau bahan sintetis, yang diikatkan dan dieratkan pada benda atau beban yang akan diangkat dan dikaitkan pada hook crane pada saat proses lifting.

Pada saat proses lifting tentunya akan terjadi ketegangan pada sling. Tegangan dari sling dapat dihitung dengan formula berikut. Hasil dari formula ini juga menentukan apakah lifting activity tersebut aman atau tidak aman pelaksanaannya.

### 2.6.2 Grab Lifting Equipment

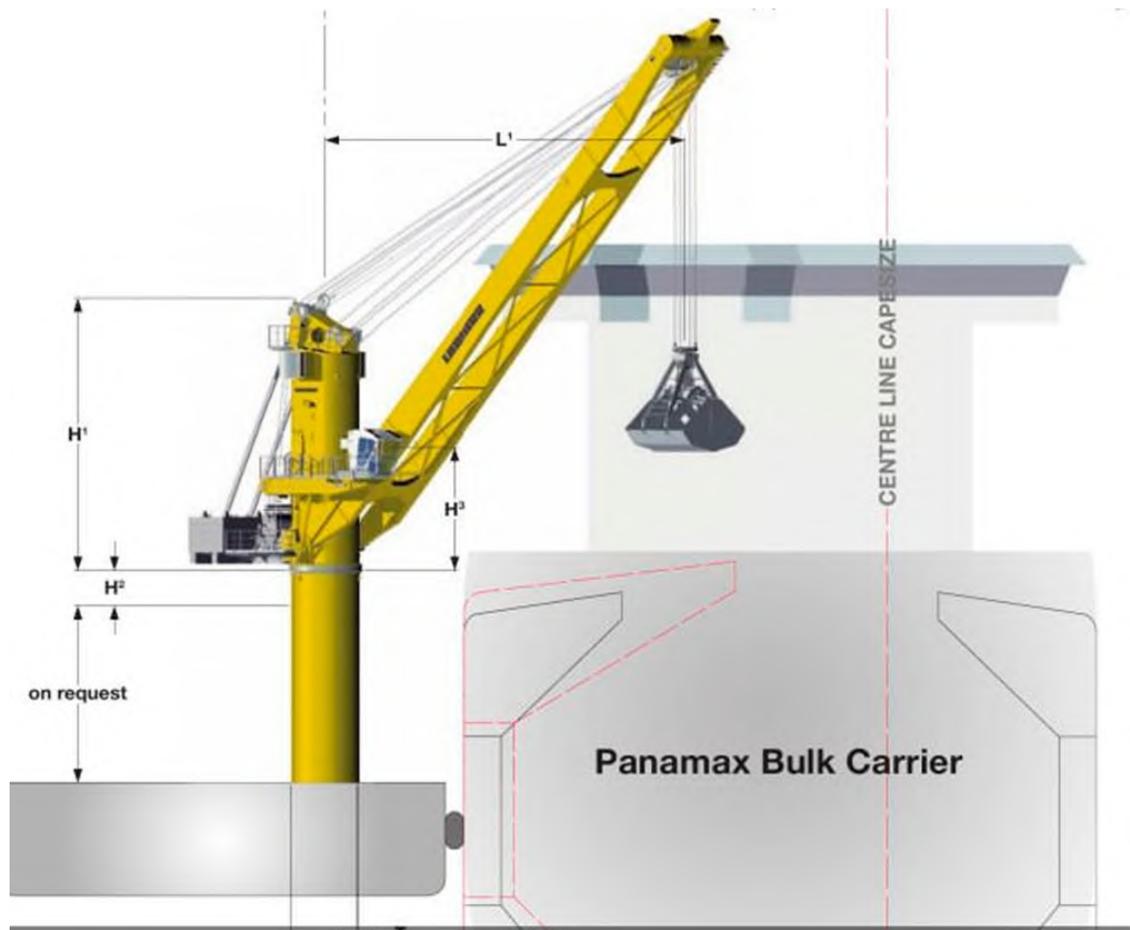
*Grab Lifting Equipment* adalah salah satu jenis *crane* yang memiliki model pengangkut seperti cangkang yang bertujuan untuk mengangkat material baik berupa butiran maupun bngkahan dengan mengatupkan cangkangnya untuk mengambil butiran maupun cangkang yang akan dipindahkan. *Grab* ini digunakan bertujuan untuk memudahkan transfer muatan berjenis serbuk maupun butiran. (Wibowo, 2013)



Gambar 2.17 *grab lifting equipment*

(Sumber: <http://www.safety-crane.com>)

### 2.6.3 Spesifikasi Crane



Gambar 2.18 model crane

(Sumber: <http://www.lieberferre.com>)

Crane ini diletakkan pada bagian tengah kapal agar tidak memerlukan ballast apabila terjadi kesalahan pada perhitungan stabilitas pada kapal.

Ukuran utama crane untuk di letakkan pada kapal :

T total	: 6	meter
H1	: 2.30	meter
H2	: 0.6	meter
H3	: 1.30	meter
L1	: 15	meter

Technical data		CBG 300	
<b>Working radius</b>			
Min. to max. radius (with 7.5 m extended cables)	11.5 m - 30 m		
Min. to max. radius (with 4.5 m extended cables)	8.5 m - 30 m		
Min. to max. radius (with centre mounted cables)	5 m - 30 m		
Service radius minimum with key-switch override (extended cabin 7.5 or 4.5 m)	5 m		
<b>Capacity</b> in sheltered water			
	Radius		SWL
Grab operation*	from 5 m - 28 m		30 t
Grab operation*	from 5 m - 30 m		25 t
Hook operation	from 5 m - 30 m		30 t
<b>Capacity</b> in open sea			
	Radius		SWL
Grab operation*	from 5 m - 30 m	(SWH 0.8 m)	25 t
Grab operation*	from 5 m - 30 m	(SWH 1.3 m)	17 t
Hook operation	from 5 m - 30 m	(SWH 0.8 m)	30 t
Hook operation	from 5 m - 30 m	(SWH 1.1 m)	24 t
<b>Weight</b> (dry weight) without grab			
Crane approx.	incl. loose gears		86.5 t
Pedestal adapter	cylindrical, height 2.54 m		6.8 t
Pedestal extension	cylindrical, weight per m		2.25 t
<b>Simultaneous speed</b>			
2 motions	full load and speed		
3 motions	slewing/luffing full load and speed, hoisting approx. 60% (after acceleration)		
<b>Turnover in open sea operation</b>			
Up to 45 cycles/h			
Best average turnover 20,000 t/day			
Peak turnover up to 25,000 t/day			
<b>Hoisting/lowering</b>			
		50 Hz	60 Hz
Hoisting/lowering - 0 - 15 t	with	0 - 78 m/min	0 - 90 m/min
		0 - 30 t	0 - 60 m/min
		0 - 60 m/min	0 - 60 m/min
<b>Luffing</b>			
		50 Hz	60 Hz
Luffing time (from 5 - 30 m approx.)		60 s	60 s
<b>Slewing</b>			
		50 Hz	60 Hz
Slewing speed		0 - 0.96 rpm	0 - 1.1 rpm
Slewing range 360° unlimited			
<b>Electric motor</b>			
Type of motor	three phase squirrel cage		
Class of protection	IP 55		
Class of insulation	F		
Starting	star delta		
		50 Hz	60 Hz
Nominal output		470 kW	540 kW
		56-40% ED	56-40% ED
Nominal current		848 A	866 A
Starting current		1762 A	1674 A
Main power supply		400 V, 3 ph	440 V, 3 ph
Auxiliary power supply		230 V, 3 ph	230 V, 3 ph
Rated reverse power (depending on load cycle approx.)		-120 kW	-120 kW
<b>Design conditions</b>			
Max. heel/trim	5°/2°		
Ambient working temperature	-25°C to +45°C		
Max. humidity	93%		
Max. wind speed		20 m/s (working condition)	63 m/s (parking condition)

Gambar 2.19 spesifikasi teknik crane

(Sumber: <http://www.liebertfehrer.com>)

## 2.7 Alat Tambat barge

Alat tambat merupakan suatu sistem pada barge yang digunakan untuk berlabuh. Salah Beberapa kelengkapan peralatan tambat yang haru terdapat pada barge adalah :

### 2.7.1 Jangkar

Jangkar merupakan salah satu dari komponen kapal yang berguna untuk membatasi olah gerak kapal pada waktu labuh di perlabuhan agar kapal tetap dalam keadaannya meskipun mendapatkan tekanan oleh arus kapal, angin, gelombang dan untuk membantu dalam penambatan kapal pada saat diperlukan. Perlengkapan jangkar terdiri dari jangkar, rantai jangkar, lubang kabel jangkar, *stoper*, dan handling jangkar.

### 2.7.2 Rantai Jangkar

Panjang rantai jangkar ditentukan dengan "*shackles*". 1 *shackles* = 15 *fathoms* = 27,5 m 1 *fathoms* = 1,87 m Tipe rantai jangkar dibedakan menjadi :

- *Ordinary link, stud link, large link, dan end link.*
- *Shackle link, crown shackle dan kenter shackle.*

- *Swivels* ; dipasang untuk mencegah terlilitnya rantai satu dengan rantai lain.

### 2.7.3 *Anchor Winch*

Alat yang dipakai untuk menarik jangkar disebut *windlass* atau *anchor winch*. Mesin-mesin untuk menarik kepelabuhan, untuk untuk menambatkan tali, dan untuk warping pada operasi penambatan disebut *warping winch* dan *warping capstan*. *Winches* dengan berbagai perencanaan *barrels* yang biasa digunakan sebagai peralatan tambat yang digunakan di dek sebuah kapal. Mesin derek *barrels* atau drum digunakan untuk menarik atau menggulung tali atau kabel yang mana kapal akan merapat ke pelabuhan atau daratan. Roda penggulung tali (*warp end*) digunakan ketika kapal akan merapat dengan menggunakan tali dengan cepat menuju ke daratan dan menggulung ke *warp end* (penggulung) dari mesin derek. Motor penggerak berhubungan dengan akhir bagian gigi transmisi, kopling dan dengan *warp end* (roda penggulung). Motor penggerak yang digunakan dapat dioperasikan secara bolak-balik, dengan kecepatan operasi yang telah ditentukan pada perencanaannya. *Windlass* dapat dioperasikan dengan energi listrik, energi sistem hidrolik, energi listrik dan hidrolik, energi uap.

### 2.7.4 Tali Temali

Kabel pada kapal digunakan untuk :

- a. Menambatkan kapal dan mempertahankan posisi.
- b. *Towing*.
- c. *Cargo gear*.
- d. Memancing (*fishing*) dan *dredging*.

Kabel nomor a. dan b. biasanya terbuat dari tali (*rope*), sering disebut "*hawsers*". Kabel nomor c. dan d pada umumnya adalah kabel baja (*steel cables*). Pada umumnya tali pada kapal terbuat dari serat sintetic (*synthetic fibres*). Beberapa jenis tali (*rope*) pada kapal dilapisi mantel (*mantle*), tujuannya untuk menjaga inti kabel.

### 2.7.5 *Hawse Pipe dan Anchor Pocket*

*Hawse pipe* adalah lubang yang dilalui rantai jangkar, letaknya di lambung depan kapal (*forecastle*). Berfungsi untuk melindungi permukaan kulit lambung kapal dari gesekan rantai jangkar. Tidak semua desain kapal dilengkapi dengan *anchor pocket*, dengan adanya *anchor pocket* ini, jangkar akan terlihat rapi pada tempatnya

### 2.7.6 Alat Tambat

- *Chocks* : Berfungsi untuk mengarahkan tali dari dermaga, terletak dekat dengan *bulkwark*. *Chock* ada 2 yaitu paten (buka dan tutup) dan bisa diputar (*roller*)
- *Fairleads* : Bisa diputar, berfungsi untuk mengubah arah dari tali, terletak di geladak.
- *Bollards* : Berfungsi untuk mengikat tali
- *Mooring rings* : Hanya untuk kapal-kapal kecil.

## 2.8 Teori Desain

Klasifikasi desain dibedakan menjadi dua berdasarkan latar belakangnya, pertama “invention” yang merupakan *eksploitasi* dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk baru, yang kedua adalah “*innovation*” yaitu sebuah pembaruan atau rekayasa desain terhadap sebuah produk yang sudah ada (Atmoko,2008). Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral. Dalam desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* (Evans, 1959). Secara umum spiral desain bisa dilihat pada gambar 2.12 pada halaman berikutnya.

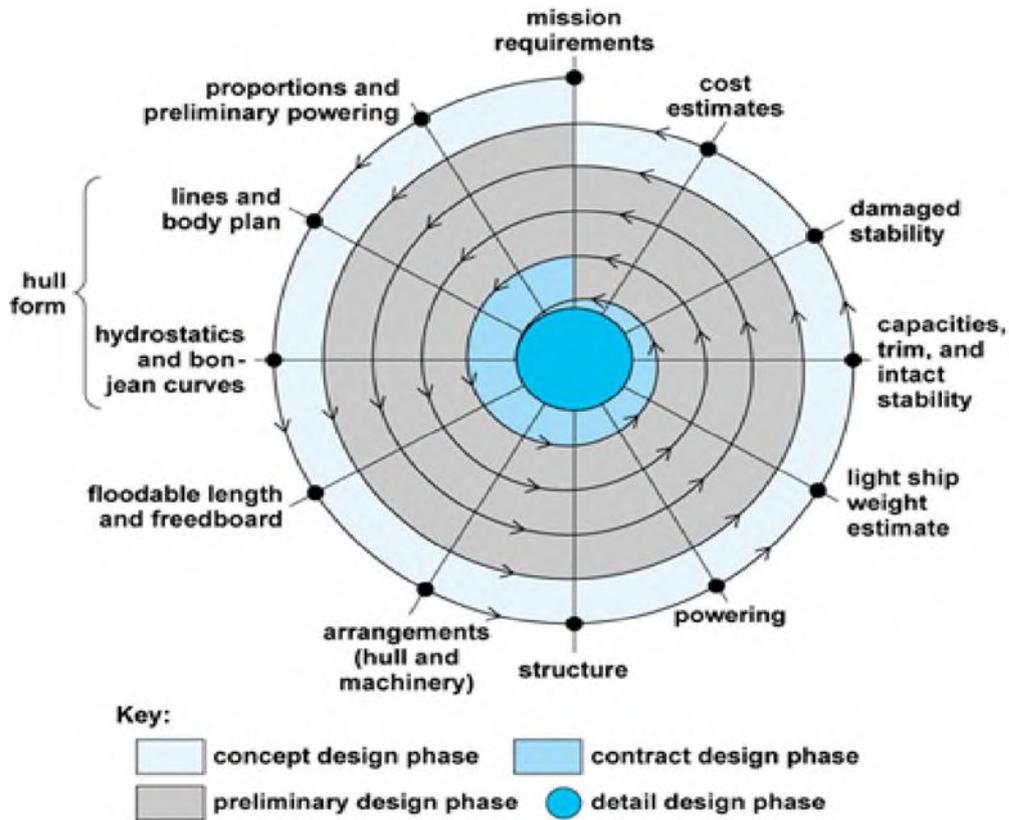
### 2.8.1 Desain Statement

*Design Statement* merupakan tahap awal dari proses desain yang digunakan untuk mendefinisikan atau memberi gambaran tentang tujuan atau kegunaan dari kapal tersebut, hal ini juga sangat berguna untuk menentukan permintaan dari pemesan kapal (*owner requirement*) dan juga untuk mengarahkan *designer* kapal dalam menentukan pilihan yang rasional antara perbandingan desain selama proses desain. *Design Statement* terdiri dari beberapa bagian yaitu:

- a. Tujuan atau misi dari kapal tersebut  
Menentukan tujuan atau misi dari kapal untuk mendapatkan gambaran awal tentang desain kapal tersebut
- b. Ukuran yang sesuai untuk kapal tersebut  
Setelah tujuan dari kapal diketahui maka *designer* kemudian menterjemahkannya ke dalam bentuk perhitungan maupun dalam bentuk gambar dan selanjutnya yang paling optimum.
- c. Permintaan *owner* (*owner requirement*)

d. Batasan desain

Menentukan batasan batasan yang harus dipenuhi dalam proses desain termasuk didalamnya pertimbangan kondisi lingkungan tempat beroperasi dari kapal tersebut.



Gambar 2.20 *Spiral Desain* (Evans, 1959)

### 2.8.2 Concept Design

*Concept Design* adalah tahap pertama dalam proses desain yang menterjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan direncanakan (Evans,1959). Dibutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) sehingga menghasilkan ukuran utama seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, finnes dan *fullness power*, karakter lainnya dengan tujuan untuk memenuhi kecepatan, *range (endurance)*, kapasitas, *deadweight*.

Termasuk juga memperkirakan *preliminary lightship weight*, yang pada umumnya diambil dari rumus pendekatan, kurva maupun pengalaman-pengalaman. Hasil-hasil pada *concept design* digunakan untuk mendapatkan perkiraan biaya konstruksi. Langkah langkah pada *concept design* adalah sebagai berikut:

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

### 2.8.3 Preliminary Design

Langkah kelanjutan dari *concept design* mencek kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan *performance* (Evans,1959). Pemeriksaan ulang terhadap panjang, lebar, daya mesin, *deadweight* yang diharapkan tidak banyak merubah pada tahap ini. Hasil diatas merupakan dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi.

Tahap *preliminary design* ditandai dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

- a. Melengkapi bentuk lambung kapal
- b. Pengecekan terhadap analisa detail struktur kapal
- c. Penyelesaian bagian interior kapal
- d. Perhitungan Stabilitas dan hidrostatik kapal
- e. Mengevaluasi kembali perhitungan tahanan, *powering* maupun *performance* kapal
- f. Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dengan penentuan sarat dan trim kapal
- g. Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail

### 2.8.4 Contract Design

Hasilnya sesuai dengan namanya dokumen kontrak pembuatan kapal. Langkah-langkahnya meliputi satu, dua atau lebih putaran dari desain spiral. Oleh karena itu pada langkah ini mungkin terjadi perbaikan hasil-hasil *preliminary*

*design* (Evans,1959). Tahap merencanakan/menghitung lebih teliti *hull form* (bentuk badan kapal) dengan memperbaiki *lines plan*, tenaga penggerak dengan menggunakan *model test*, *seakeeping* dan *maneuvering* karakteristik, pengaruh jumlah *propeller* terhadap badan kapal, detail konstruksi, pemakaian jenis baja, jarak dan tipe gading. Pada tahap ini dibuat juga estimasi berat dan titik berat yang dihitung berdasarkan posisi dan berat masing-masing item dari konstruksi. *General Arrangement detail* dibuat juga pada tahap ini. Kepastian kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar dan ruang-ruang akomodasi. Kemudian dibuat spesifikasi rencana standart kualitas dari bagian badan kapal serta peralatan. Juga uraian mengenai metode pengetesan dan percobaan sehingga akan didapatkan kepastian kondisi kapal yang sebaiknya.

#### 2.8.5 Detail Design

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

### 2.9 Metode Perancangan Kapal

Setelah melakukan tahap-tahapan desain di atas, langkah selanjutnya dalam proses desain kapal menentukan metode perancangan kapal. Secara umum metode dalam perancangan kapal adalah sebagai berikut:

#### 2.9.1 Parent Design Approach

*Parent Design Approach* merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara menganbil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini *designer* sudah

mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah :

- a. Dapat mendesain kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan kapal sehingga tinggal memodifikasi saja.
- b. *Performance* kapal terbukti (*stabilitas, motion, resistance*)

### 2.9.2 *Trend Curve Approach*

Dalam proses perancangan kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve Approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama awal. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

### 2.9.3 *Iteratif Design Approach*

Iteratif desain adalah sebuah metodologi desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping, testing, dan analyzing*.. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada. Proses desain kapal memiliki sifat iteratif yang paling umum digambarkan oleh spiral desain yang mencerminkan desain metodologi dan strategi. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja (sudah berpengalaman dengan menggunakan *knowledge*).

### 2.9.4 *Parametric Design Approach*

*Parametric Design Approach* adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter misalnya ( L, B, T, Cb, LCB dll) sebagai *main dimension* yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung hambatannya ( $R_t$ ), merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, trim, dan lain-lain.

## 2.10 Tinjauan Teknis Perancangan Kapal

Dalam istilah dunia perkapalan seorang *naval architect* harus mampu menerjemahkan permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) ke dalam bentuk gambar, spesifikasi dan data lainnya untuk membangun kapal. Dalam mendesain sebuah kapal ada beberapa tahap, yaitu :

a. Menentukan ukuran utama kapal awal

- $L_{pp}$  (*Length between perpendicular*)

Panjang yang di ukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/ AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/ FP*).

- $L_{oa}$  (*Length Overall*)

Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang di ukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal

- $B_m$  (*Breadth Moulded*)

Yaitu lebar terbesar diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja atau kapal yang terbuat dari logam lainnya. Untuk kulit kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam lainnya, diukur jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.

- $H$  (*Height*)

Yaitu jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak disisi kapal.

- $T$  (*Draught*)

Yaitu jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

- $DWT$  (*Deadweight Ton*)

Yaitu berat dalam ton (1000 kilogram) dari muatan, perbekalan, bahan bakar, air tawar, penumpang dan awak kapal yang diangkut oleh kapal pada waktu dimuati sampai garis muat musim panas maksimum.

- $V_s$  (*Service Speed*)

Ini adalah kecepatan dinas, yaitu kecepatan rata-rata yang dicapai dalam serangkaian dinas pelayaran yang telah dilakukan suatu kapal. Kecepatan ini juga dapat diukur pada saat badan kapal dibawah permukaan air dalam keadaan bersih, dimuati sampai dengan sarat penuh, motor penggerak bekerja pada keadaan daya rata-rata dan cuaca normal.

b. Perhitungan hambatan kapal

Perhitungan hambatan tongkang dibagi menjadi dua komponen yaitu Tahanan Air dan Tahanan Angin (Henschke, 1978).

- Nilai hambatan Air didapat dari rumus:

$$W = f.s.V^{1.83} + P. Fx.$$

- Nilai hambatan Angin didapat dari rumus:

$$W = 0,0041 \cdot (0,3A_1 + A_2) \cdot V_a^2$$

c. Perhitungan daya mesin induk

- Perhitungan power mesin

$$EHP = R_t \cdot V_s$$

- Perhitungan daya mesin BHP

$$BHP = DHP + \{ ( \text{koreksi daerah pelayaran} \times SHP ) \}$$

d. Perhitungan stabilitas utuh (*intact stability*)

e. Perhitungan massa dan titik pusat massa DWT

DWT itu terdiri dari payload atau muatan bersih, *consummable* dan *crew*. *Payload* berharga 90% dari DWT, *consummable* terdiri dari bahan bakar (*fuel oils*), minyak lumas (*lubrication oils*), minyak diesel (*diesel oils*), air tawar (*fresh water*) dan barang bawaan (*provision and store*). Setelah berat diketahui maka dilakukan perhitungan titik berat DWT untuk mencari harga KG.

f. Perhitungan massa dan titik pusat massa LWT

LWT terdiri dari berat badan kapal, peralatan dan perlengkapan dan permesinan atau kata lain berat kapal kosong tanpa muatan dan *consummable*. Untuk menghitung berat baja kapal, peralatan dan perlengkapan serta permesinaan ada beberapa pendekatan semisal menurut Watson, Schneeluth, Parson Untuk perhitungan berat baja lambung Schneeluth membagi kedalam beberapa bagian antara lain berat baja lambung, berat bangunan atas dan berat rumah geladak.

g. Perhitungan berat dan titik berat gabungan LWT+DWT

h. Perhitungan kapasitas ruang muat

Kapasitas ruang muat diartikan sebagai tempat peletakan muatan di bawah palkah.

i. Perhitungan trim

Trim dapat didefinisikan sebagai gerakan kapal yang mengakibatkan tidak terjadinya *even keel* atau gerakan kapal mengelilingi sumbu Y secara tepatnya. Trim ini terjadi akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. Trim dibedakan menjadi dua yaitu trim haluan dan trim buritan. Trim haluan yaitu sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan sedangkan trim buritan kebalian dari trim haluan.

j. Perhitungan freeboard

*Freeboard* adalah hasil pengurangan tinggi kapal dengan sarat kapal dimana tinggi kapal termasuk tebal kulit dan lapisan kayu jika ada, sedangkan sarat T diukur pada sarat musim panas. Panjang *freeboard* adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (LWL) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara  $L_{pp}$  dan 96% LWL pada 85% H. Lebar *freeboard* adalah lebar *moulded* kapal pada *midship* (Bm). Dan tinggi *freeboard* adalah tinggi yang diukur pada *midship* dari bagian atas *keel* sampai pada bagian atas *freeboard deck beam* pada sisi kapal ditambah dengan tebal pelat senta bila geladak tanpa penutup kayu. *Freeboard* memiliki tujuan untuk menjaga keselamatan penumpang, *crew*, muatan dan kapal itu sendiri. Bila kapal memiliki *freeboard* tinggi maka daya apung cadangan akan besar sehingga kapal memiliki sisa pengapungan apabila mengalami kerusakan.

k. Perhitungan tonnase kapal

Perhitungan *tonnage* kapal adalah cara tradisional untuk menentukan ukuran besar kapal. Dalam perhitungan *tonnage* kapal dibagi menjadi dua bagian yaitu *Gross Tonnage* (GT) dan *Net Tonnage* (NT). *Gross Tonnage* (GT) adalah kapasitas dari ruangan-ruangan yang ada dalam badan/lambung kapal dan ruangan tertutup diatas geladak yang tersedia untuk muatan, gudang, bahan bakar, penumpang dan *crew*. Sedangkan *Net Tonnage* (NT) adalah GT dikurangi ruangan-ruangan yang digunakan untuk akomodasi kapten, perwira, ABK pangkat dibawahnya, peralatan navigasi dan permesinan penggerak kapal.

l. Perhitungan biaya pembangunan kapal

Biaya Investasi dapat diartikan sebagai biaya pembangunan kapal yang terdiri dari biaya material untuk struktur bangunan kapal, biaya peralatan, biaya permesinan dan biaya pekerja, *model cost*, *trial cost*, asuransi dan lain-lain. Perhitungan biaya pembangunan kapal diperoleh berdasarkan regresi berat baja dengan harga baja per ton (Watson, 1998).

m. Desain Rencana Garis

Gambar rencana garis (*Lines Plan*) adalah suatu gambar yang terdiri dari bentuk lengkung potongan badan kapal, baik potongan vertikal memanjang (*Sheer Plan*), atau potongan secara horizontal memanjang (*Half Breadth Plan*), maupun potongan secara melintang badan kapal (*Body Plan*).

Potongan badan kapal :

- *Sheer Plan*

Gambar proyeksi dari bentuk badan kapal secara memanjang, jika kapal tersebut dipotong secara memanjang sesuai dengan pembagian *Buttock Line* yang telah ditentukan.

- *Half Breadth Plan*

Gambar proyeksi dari badan kapal secara memanjang, jika kapal tersebut dipotong secara horizontal sesuai dengan pembagian *Water Line* yang telah ditentukan.

- *Body Plan*

Gambar proyeksi dari bentuk badan kapal secara melintang, jika kapal tersebut dipotong secara melintang sesuai dengan pembagian *station* yang telah ditentukan.

n. Desain Rencana Umum

Rencana umum atau *general arrangement* dari suatu kapal dapat didefinisikan sebagai penentuan dari ruangan kapal untuk segala kegiatan dan peralatan yang dibutuhkan sesuai dengan letak dan jalan untuk mencapai ruangan tersebut. Sehingga dari batasan tersebut, ada 4 langkah yang harus dikerjakan, yaitu :

- Menetapkan ruangan utama.
- Menentukan batas-batas dari setiap ruangan.
- Memilih dan menempatkan perlengkapan dan peralatan dalam batas dari ruangan tersebut.
- Menyediakan jalan untuk menuju ruangan tersebut.

## 2.11 Penyusunan Ukuran Utama

Proses penyusunan ukuran utama kapal dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

- 1) Pada awalnya jumlah kapal pembanding yang diambil datanya dan sesuai dengan *range* DWT yang telah ditentukan adalah 10 kapal. Kemudian dari data-data kapal pembanding tersebut dibuat grafik dengan absis DWT dan ordinat ukuran utama kapal, misal : Grafik DWT-L, DWT-B, DWT – T, dll.
- 2) Harga  $R^2$  harus sebesar mungkin, minimal 0,4. untuk persamaan regresi dapat dipilih linear, kuadrat, eksponensial, log, *power* atau yang lainnya (d disesuaikan dengan sebaran data kapal pembanding). Untuk kapal ini tipe regresi yang digunakan adalah regresi linear. Adapun untuk mendapatkan harga  $R^2$  yang besar bisa dilakukan dengan menghapus data kapal yang dapat menyebabkan harga  $R^2$  rendah dan kemudian mengganti dengan data kapal lain sehingga mendapatkan harga  $R^2$  yang besar, akan tetapi dalam penentuan jumlah kapal pembanding tidak boleh kurang dari 15 kapal.
- 3) Dengan membaca grafik pada DWT yang diminta, akan didapatkan ukuran utama awal  $L_0$ ,  $B_0$ ,  $T_0$  dan  $H_0$ .
- 4) Angka *Froude* awal ( $F_{n0}$ ) dihitung dari ukuran utama awal yang sudah didapatkan sebelumnya dan kecepatan dinas yang diminta oleh *owner*. Adapun rumus yang dipakai sebagai berikut :

$$F_{n0} = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$$

- 5) Angka *Froude* awal ( $F_{n0}$ ) tersebut divariasikan menjadi 4 angka *Froude* sebagai berikut :  $F_{n0} - 3\%$ ,  $F_{n0} - 1\%$ ,  $F_{n0} + 1\%$  dan  $F_{n0} + 3\%$ . Dari 4 variasi angka *Froude* tersebut, akan didapatkan 4 harga L.
- 6) Dari ukuran utama awal, dihitung  $L_0/B_0$  kemudian divariasikan menjadi 4 macam rasio sebagai berikut :  $L_0/B_0 - 3\%$ ,  $L_0/B_0 - 1\%$ ,  $L_0/B_0 + 1\%$  dan  $L_0/B_0 + 3\%$ .  
Jadi untuk setiap L ada 4 harga B sehingga ada 16 set ukuran.
- 7) Dari ukuran utama awal, dihitung  $B_0/T_0$  kemudian divariasikan menjadi 4 macam rasio sebagai berikut :  $F_{n0} - 3\%$ ,  $F_{n0} - 1\%$ ,  $F_{n0} + 1\%$  dan  $F_{n0} + 3\%$ . Jadi untuk setiap B ada 4 harga T, sehingga ada 64 set ukuran utama.
- 8) Dari ukuran utama awal, dihitung  $T_0/H_0$  kemudian divariasikan menjadi 4 macam rasio sebagai berikut :  $F_{n0} - 3\%$ ,  $F_{n0} - 1\%$ ,  $F_{n0} + 1\%$  dan  $F_{n0} + 3\%$ . Jadi untuk setiap T ada 4 harga H, sehingga ada 256 set ukuran utama.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

## **BAB III**

### **TINJAUAN DAERAH**

Pada bab ini akan dibahas mengenai terminal batubara Sangata(Kalimantan Timur), pelabuhan khusus PLTU Tidore (Maluku Utara), Kondisi Pelayaran di rute pelayaran Sangata-Tidore, Kondisi Pelabuhan di kedua tempat tersebut. Berikut pembahasan dari beberapa poin diatas :

#### **3.1 Terminal Batu bara Sangata (Kalimantan Timur)**

Potensi batubara di Indonesia yang begitu besar menjanjikan untuk terus dikembangkan. Tingginya cadangan batu bara memungkinkan pemanfaatannya untuk dijadikan energi listrik menggantikan minyak bumi. Batu bara yang terdapat di Indonesia dan bisa ditambang mencapai 9 miliar ton atau 1,2 persen dari keseluruhan total cadangan batu bara di dunia. Dan salah satu penyedia batubara terbesar di Indonesia adalah Kalimantan Timur

Berdasarkan data dari Departemen Energi dan Sumber Daya Mineral, produksi batu bara di tahun 2009 mencapai 225 juta ton, yang terbagi atas 75 juta ton untuk pemanfaatan dalam negeri dan 150 juta ton untuk ekspor. Produksi tersebut meningkat dibandingkan tahun 2008 (198 juta ton) dan tahun 2007 (196 juta ton).

Tingginya produksi batu bara belum diikuti dengan optimalisasi pemanfaatannya karena masih tingginya ketergantungan terhadap minyak bumi sebagai sumber energi. Belum digunakannya sumber energi lain karena masih terkendala oleh minimnya teknologi pemanfaatan dan kesadaran yang terlambat muncul.

Saat ini, Sumber energi yang masih banyak digunakan masih didominasi minyak bumi. penggunaan minyak bumi sebagai sumber energi pada tahun 2006 mencapai 53 persen, batu bara 22 persen, gas bumi 21 persen, dan energi lainnya 4 persen. Pada tahun 2025, diperkirakan terjadi perubahan pemanfaatan sumber energi, yaitu batu bara (33 persen), gas bumi (30 persen), minyak bumi (21 persen), dan energi lain (17 persen).

Berdasarkan survei Frasser Institute tahun 2008-2009, dari 71 negara penghasil sumber daya mineral Indonesia menduduki peringkat ke-7 dari segi potensi tetapi menduduki peringkat ke-41 dari segi daerah yang menjadi target investor.



Gambar 3.1 peta Indonesia

Pada Gambar diatas dapat dilihat bagaimana pulau Kalimantan sebagai penghasil batu bara dan memiliki kekayaan alam berupa batu bara yang melimpah yang dapat digunakan sebagai tenaga pembangkit listrik.



Gambar 3.2 Terminal batu bara

Gambar diatas merupakan terminal batubara yang termasuk dalam kategori pelabuhan khusus. Pada pelabuhan tersebut memiliki beberapa fasilitas, diantaranya:

- Long conveyer belt
- jeti
- vender
- tempat tambat
- stockpile batubara

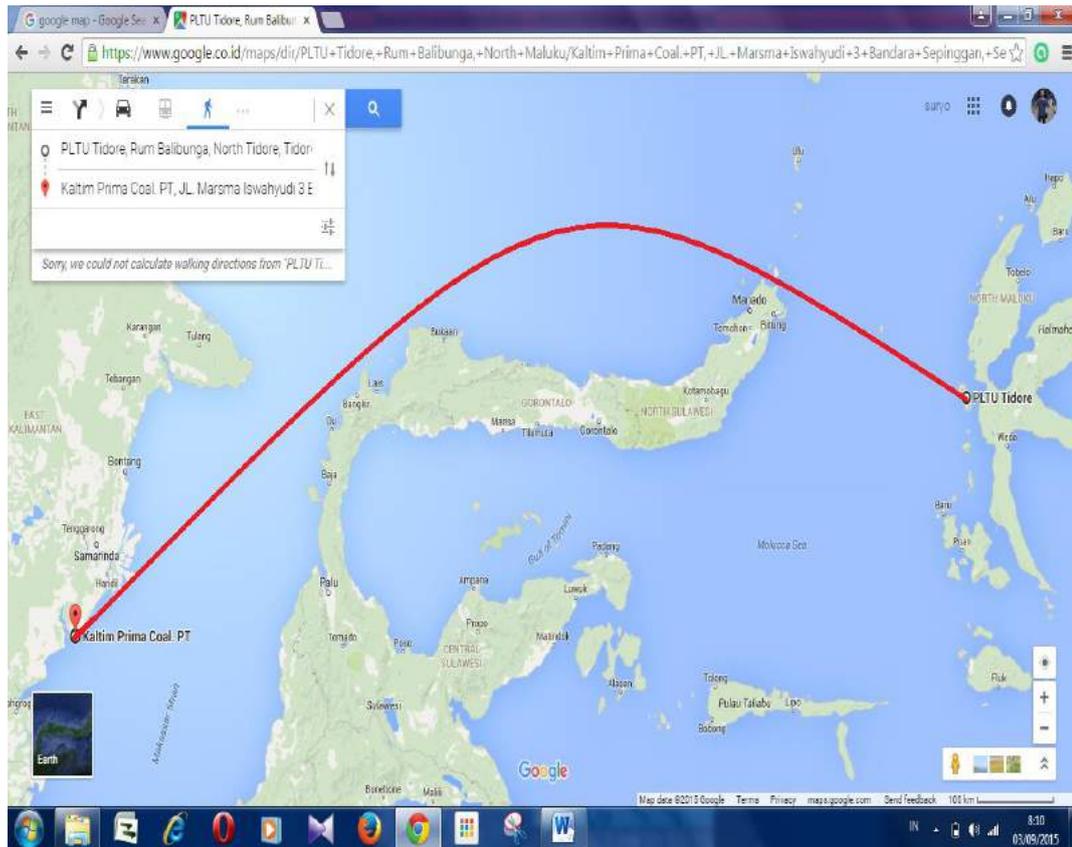
### 3.2 Pelabuhan PLTU Tidore



Gambar 3.3 PLTU Tidore

Gambar diatas menunjukkan gambaran pelabuhan khusus PLTU tidore. Sebagai bagian dari program Ketahanan Energi dan Pasokan Energi Nasional juga Pembangunan Pembangkit Listrik 10.000 MW, Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) Maluku Utara-Tidore, dibangun untuk membagi pasokan listrik ke Pulau Ternate dan Maitara melalui kabel bawah laut. Sementara untuk Pulau Tidore sendiri mendapat pasokan sebesar 2x7 MW. PLTU Tidore membutuhkan sekitar 4500 ton batubara tiap harinya untuk beroperasi. Dan mengalirkan listrik ke daerah Maluku Utara. Fasilitas di PLTU Tidore untuk bongkar muat sangat minim sekali. Bongkar muat hanya menngunakan *loader* dan juga *conveyor belt* yang perharinya disewa untuk digunakan bongkar muat di pelabuhan.

### 3.3 Jalur Pelayaran



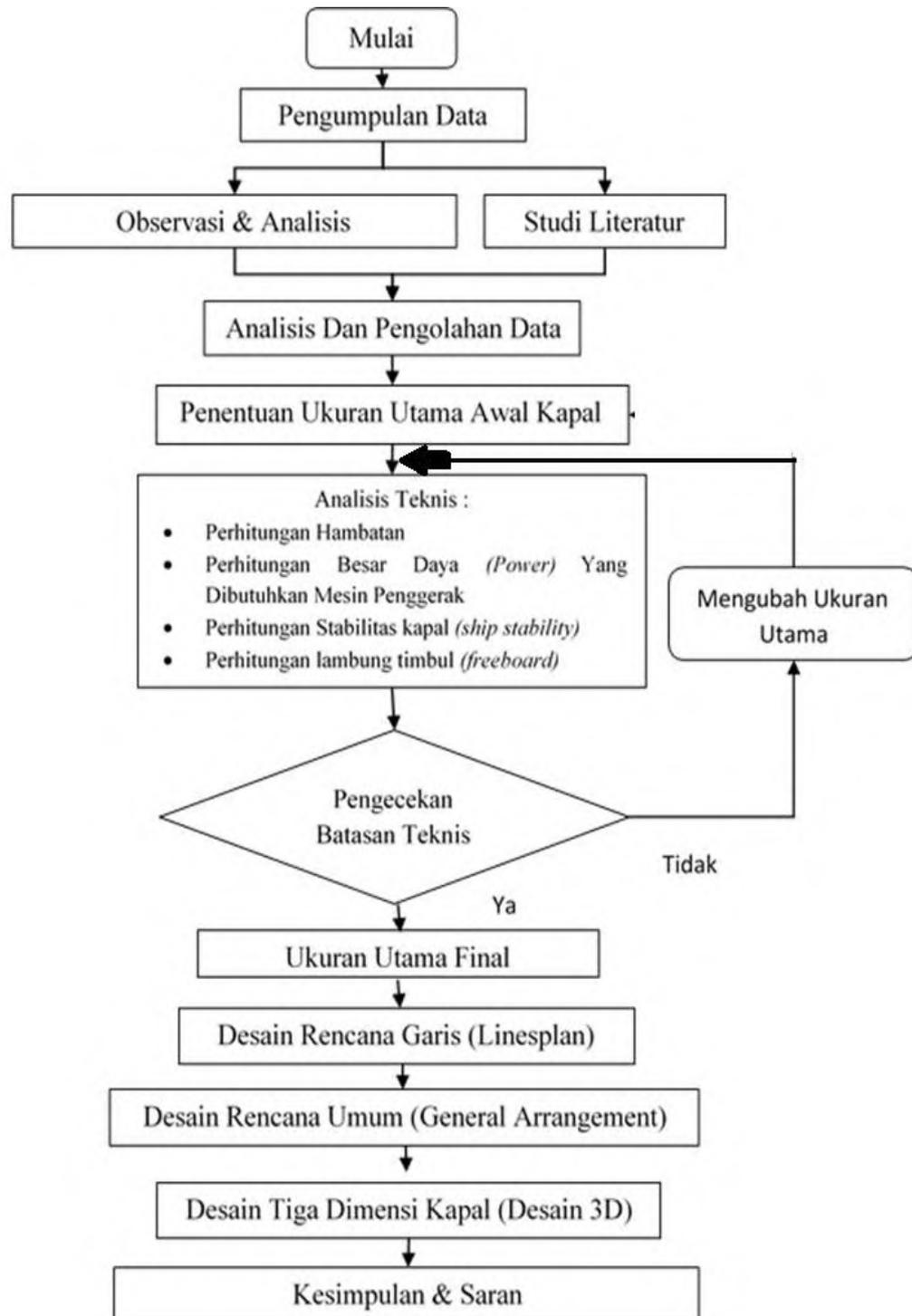
Gambar 3.4 Jalur Pelayaran SPCB

Jalur pelayaran yang ditempuh adalah 679,265 Km atau setara dengan 1258 NM. Dengan kedalaman laut rata-rata tiap pelabuhan 7 meter, kedalaman tenga 6 meter dan surut 5 meter. Dengan ombak cuaca bagus berkisar antara 1 meter sampai 2 meter. (ASDP Kaltim). Kondisi gelombang cenderung berubah dengan adanya perubahan musim dan arah mata angin. Gelombang tinggi biasanya terjadi pada bulan Januari, Maret, dan Agustus. Pada bulan-bulan Oktober ketinggian gelombang bisa mencapai 1-2 m dan bahkan lebih, sedangkan gelombang pada bulan-bulan lainnya cenderung tenang. (KKP, 2010). Terminal batubara gelombang laut berkisar rata-rata 0.8-2 meter tinggi Gelombang Laut maksimal 1.5-3 meter dan kecepatan angin 2-26 Knot sedangkan di PLTU Tidore gelombang laut rata rata 0.3-1.3 meter maksimal 0.8-1.5 meter dan kecepatan angin 2-25 Knot (BMKG, 2015) Pada pelayaran ini biasa ditempuh dengan waktu 2 hari dengan kecepatan kapal 12 knot.

## BAB IV

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 4.1 Diagram Alir Penelitian



## 4.2 Langkah Pengerjaan

Secara umum prosedur pengerjaan Tugas Akhir ini dilakukan dengan beberapa langkah sesuai dengan diagram alir penelitian pada halaman sebelumnya yaitu sebagai berikut:

1. Mulai
2. Tahap Pengumpulan Data
3. Tahap Studi Literatur
4. Tahap Pengolahan Data
5. Tahap Desain
6. Kesimpulan dan Saran

## 4.3 Mulai

Penyusunan Tugas Akhir ini dimulai dengan melakukan identifikasi terlebih dahulu mengenai permasalahan. Permasalahan yang timbul adalah tidak adanya fasilitas bongkarmuat yang memadai di PLTU Tidore. Untuk mengatasi permasalahan tersebut perlu diadakan suatu solusi yaitu dengan membangun moda angkut untuk mengangkut batubara dengan menggunakan alat bonkar sendiri. Moda angkut tersebut berupa *Self-Propelled Barge* yang akan memuat batubara dan memiliki alat untuk bongkar muat sendiri dan nantinya akan beroperasi di wilayah pelabuhan yang kurang atau minim fasilitas untuk bongkar muat.

## 4.4 Tahap Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data ini dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam tugas ini. Adapun data-data yang diperlukan antara lain:

1. Data jumlah pasokan batubara dan kebutuhan batubara perhari di PLTU Tidore
2. Kondisi perairan
3. Data kapal pembanding

Data kapal pembanding yang digunakan didapat dari internet. Data ini digunakan untuk menentukan ukuran utama awal sebelum dilakukan optimisasi. Untuk mendapatkan ukuran kapal pembanding harus diketahui terlebih dahulu *payload* dan DWT kapal. Ukuran kapal pembanding biasanya diambil kurang lebih 20% dari *payload*.

4. Data mesin utama kapal

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

5. Data mesin bantu kapal

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

#### 4.5 Tahap Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan tema dari tugas akhir ini. Studi literatur juga dilakukan terhadap hasil penelitian sebelumnya untuk lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan yaitu mengenai

- *Self-Propelled Barge*

Literatur mengenai *Self-propelled barge* diperlukan karena merupakan pokok pikiran dari tugas akhir ini. Perlu diketahui aturan atau *rule* yang mengatur mengenai pembangunan kapal jenis ini.

- Sistem *crane grab*

Kapal ini nantinya mengangkut batubara dan system ini bertujuan untuk mempermudah bongkar muatan.

- Metode desain kapal

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

#### 4.6 Tahap Pengolahan Data

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

1. Payload dan pola operasi
2. Ukuran utama kapal

Untuk menentukan ukuran utama barge, dibuat model optimasi dari data-data yang telah didapat. Model optimasi dibuat sedemikian rupa agar memenuhi

semua kriteria yang disyaratkan. Dari model optimisasi yang akan dibuat, terlebih dahulu ditentukan variabel, parameter, konstanta, fungsi objektif dan batasannya.

- Variable

Nilai yang ingin dicari atau variabel dalam proses optimisasi ini adalah panjang, lebar, tinggi, sarat, dan koefisien blok kapal.

- Konstanta

Yang termasuk dalam konstanta adalah berat jenis air, percepatan gravitasi, berat jenis baja, dll.

- Parameter

Yang termasuk parameter dalam proses optimisasi ini adalah:

- Jumlah muatan yang direncanakan.

Jumlah muatan yang direncanakan diasumsikan sebagai *owner's requirement's*.

- Kedalaman perairan dan kecepatan relatif angin.

Kedalaman perairan ini diambil dari kedalaman perairan di sembakung. Untuk kedalaman perairan di wilayah operasional diasumsikan memiliki nilai kedalaman yang lebih besar.

- Batasan

Batasan ditentukan berdasarkan aturan atau rule yang berlaku. Dengan adanya batasan ini maka variabel yang didapatkan tidak akan menyalahi aturan. Batasan yang dibuat yaitu:

- *Freeboard*

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

- *Trim*

- *Displacement*

Berat total barge ( DWT+LWT ) barge yang akan dirancang harus masih berada dalam rentang displasemen hasil perhitungan (LxBxTxCb) sebesar 0% s/d 5%.

- Stabilitas

Persyaratan stabilitas mengacu pada IMO *Resolution* untuk menghitung *intact stability*, (IS Code A.749.18, 2007)

- Fungsi Obyektif  
Yang dijadikan sebagai fungsi objektif yaitu biaya pembangunan kapal. Biaya pembangunan kapal meliputi harga pelat, harga perlengkapan dan harga permesinan.

#### **4.7 Tahap Desain**

Pada tahap ini dilakukan perencanaan untuk melayani dan memenuhi kebutuhan akan batubara untuk PLTU Tidore. Perencanaan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Desain Rencana Garis

Pembuatan Rencana Garis dilakukan dengan bantuan *software maxsurf*. Bentuk *barge* dibuat menyerupai *barge* pada umumnya. Dari desain yang telah dibuat di *maxsurf* dapat langsung diambil *lines plans* nya. Selanjutnya untuk memperhalus hasilnya dilakukan dengan *software AutoCad*.

2. Desain Rencana Umum

Dari Rencana Garis yang telah ada, dibuat Rencana Umum untuk tampak samping dan tampak geladak utama. Penataan muatan, pemasangan peralatan dan perlengkapan, dan lainnya direncanakan dengan baik di sini.

#### **4.8 Kesimpulan dan Saran**

Pada tahap ini dirangkum hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi keamanan *barge* terhadap standar yang ada. Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap apa – apa yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*

# BAB V

## ANALISIS TEKNIS

### 5.1 Owner's Requirements

Dalam mendesain sebuah kapal diperlukan ketentuan-ketentuan yang dapat menjadi acuan untuk mendesain kapal. Dalam mendesain kapal SPCB untuk pelayaran Sangata-Tidore acuan-acuan yang digunakan adalah sebagai berikut:

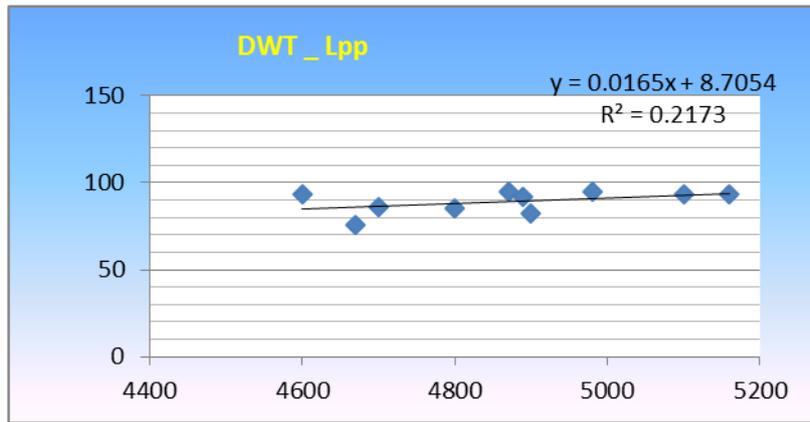
#### 5.1.2 Penentuan Ukuran Utama Awal

Dalam menentukan ukuran awal dilakukan dengan metode kapal pembanding yang diperoleh dari kapal-kapal *coal barge* yang sudah beroperasi. Berikut daftar kapal-kapal tersebut:

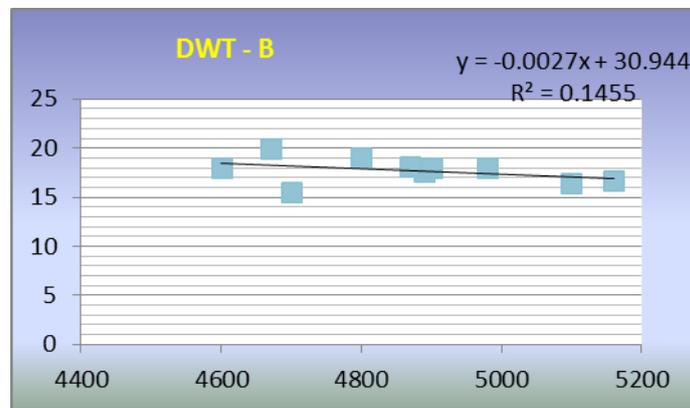
**Tabel 5.1 Data Kapal Pembanding**

SPCB	DWT (Ton)	Principle Dimension			
		Lpp (m)	B (m)	H (m)	T (m)
minerva	4700	86	15.5	4.7	3.2
sesha	4670	76	21.34	4.27	3.2
turksail	4980	95	18	5.15	4.2
glory 1	5100	102	16.4	6.15	4.5
glory 2	4890	92	17.6	5.2	3.4
stanton	4870	95	18.2	4.6	3.6
st. peter	5160	117	16.7	5.4	3.6
star 3	4900	82	21.4	5.21	4.2
india	4800	85	22	4.8	3.2
xie rui	4600	71	18	5.4	3.4

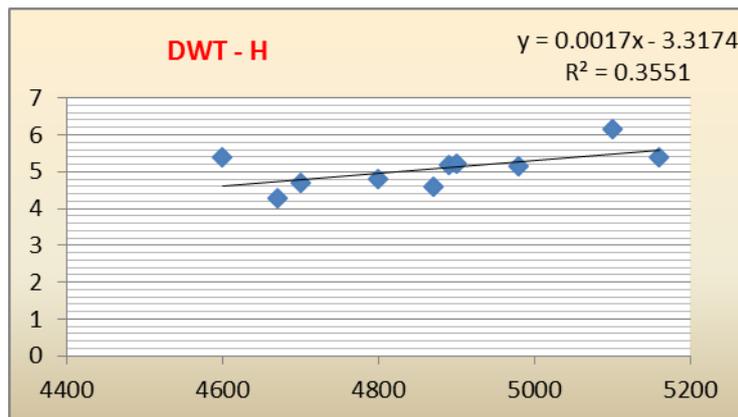
Dari data Tabel 5.1 kemudian grafik regresi dan persamaan garis untuk menentukan ukuran utama awal kapal. Berikut grafik yang dimaksud:



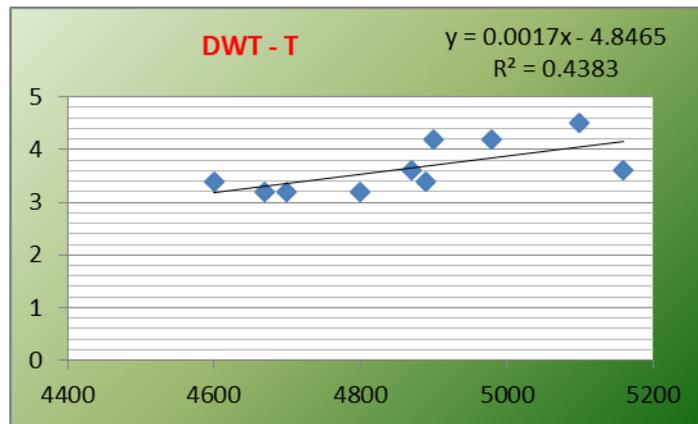
Gambar 5.1 Grafik DWT – Lpp



Gambar 5.2 Grafik DWT – B



Gambar 5.3 Grafik DWT - H



Gambar 5.4 Grafik DWT - T

Dari persamaan garis yang didapat maka dapat ditentukan ukuran utama awal dengan memasukkan nilai DWT kapal yang akan didesain. Berdasarkan penentuan kapasitas muatan maka diambil asumsi awal DWT kapal adalah sekitar 5000 ton. Maka ukuran awal kapal SPCB adalah:

$$\begin{aligned}
 \checkmark \quad L &= 0,0074(DWT) + 57.713 \\
 &= 0,074(5000) + 57.713 \\
 &= 93.713 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \quad B &= 0.0011(DWT) + 10.195 \\
 &= 0.0011(5000) + 10.195 \\
 &= 15.695 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \quad H &= 0.00074(DWT) + 4,308 \\
 &= 0.00074(5000) + 4,308 \\
 &= 8.008 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \checkmark \quad T &= 0.0005(DWT) + 3.4215 \\
 &= 0.0005(5000) + 3.4215 \\
 &= 5.921 \text{ meter}
 \end{aligned}$$

Berikut rekapitulasi dari perhitungan diatas :

Tabel 5.2 Ukuran Utama Awal

No	Dimensi	Besar	Satuan
1	L	93.713	m
2	B	15.695	m
3	T	8.008	m
4	H	5.921	m

### 5.1.3 Kapasitas Muatan

Kapaitas muatan menentukan berapa muatan yang nantinya yang akan dibawa oleh SPCB selama *trip*. Hal ini penting dikarenakan kapsitas muatan unsur yang memenuhi permintaan dari PLTU, apakah tercukupi atau tidak.

Jumlah pembangkit = 2 UNIT

Kebutuhan = 7 MW

Total = 2 X 7 =14

1 Kg batubara = 2980 watt/detik

1 jam = 3600 detik

24 jam = 86400

jadi kebutuhan batubara per hari = total kapasitas : (per 1 kg batubara X waktu)

kebutuhan batubara = 14000000 : 2980 X 86400

= 4059,064 ton

Jadi kebutuhan batubara untuk PLTU Tidore tiap hari adalah 4059,064 ton. Akan tetapi dikarenakan nanti terjadi hal yang tak diduga karena cuaca buruk dan harus mengisi *stockpile* maka dibutuhkan setidaknya cadangan batubara sebesar 1000 ton. Jadi akan diambil *payload* sebesar 5000 ton, 1000 ton untuk cadangan *stockpile* apabila ada keterlambatan atau kapal tidak bisa berlayar dikarenakan cuaca yang tidak bersahabat.

### 5.1.4 Kecepatan Kapal

Kecepatan kapal sangat berpengaruh pada tersedianya batu bara di PLTU dan juga berpengaruh pada trip kapal dan jumlah kapal yang akan beroperasi untuk mengirim batubara

jarak Pelabuhan kaltim prima coal - Pelabuhan PLTU tidore = 1258 KM

kecepatan kapal = 12 knot

waktu yang ditempuh = 56.60547156 jam

jadi perjalanan = 2 hari 8 jam .

### 5.1.5 Penentuan Waktu Operasi Kapal

Setelah menentukan rute pelayaran yang akan dipilih untuk operasi kapal SPCB ini, maka dapat dihitung waktu pelayaran kapal yang akan diketahui dari pelaksanaan operasional

kapal. Penentuan waktu operasi ini tergantung pada kecepatan kapal dan kecepatan bongkar muat. Pengaruh dengan kecepatan kapal yaitu *sea time*, pengaruh terhadap kecepatan bongkar muat adalah *port time*.

#### *Sea time*

*Sea time* atau waktu di laut merupakan nilai dari lamanya kapal berlayar dari satu titik ke titik lainnya. Nilai total waktu di laut dapat dihitung dengan membagi antara total jarak untuk satu siklus operasi dengan kecepatan kapal. Perhitungan waktu laut menggunakan konsep gerak Lurus Berubah Beraturan. Penggunaan konsep tersebut merupakan pendekatan perhitungan waktu di laut sesuai dengan kondisi eksisting. Rumusan waktu di laut adalah:

$$St = \frac{A}{V_s}$$

Dimana : St = Sea time kapal (jam)

A = Jarak pelayaran (Nm)

Vs = Kecepatan dinas kapal (knot)

#### *Port time*

Lamanya kapal di pelabuhan ditentukan oleh jumlah muatan yang dipindahkan dan kecepatan bongkar muat yang diberikan dalam parameter. Nilai waktu di pelabuhan dapat dihitung dengan membagi antara jumlah muatan dengan kecepatan bongkar muat tersebut. Selain itu, waktu pengisian bahan bakar atau *bunkering time* di Terminal batubara juga dimasukkan sebagai *port time*. Rumusan waktu di pelabuhan adalah sebagai berikut:

$$Pt = \frac{B}{V_{bm}} + Bt$$

Dimana : Pt = *Port time* kapal (jam)

B = Jumlah batubara (kg)

Vbm = Kecepatan bongkar muat (m<sup>3</sup>/jam)

Bt = Asumsi *bunkering port* (4 jam)

kapasitas angkat grab	=	6.8	ton
hoisting	=	0-78	m/min
loa kapal	=	91.68	m
hoisting grab	=	45.84	m
termasuk kategori 0-78			
payload	=	5000	ton

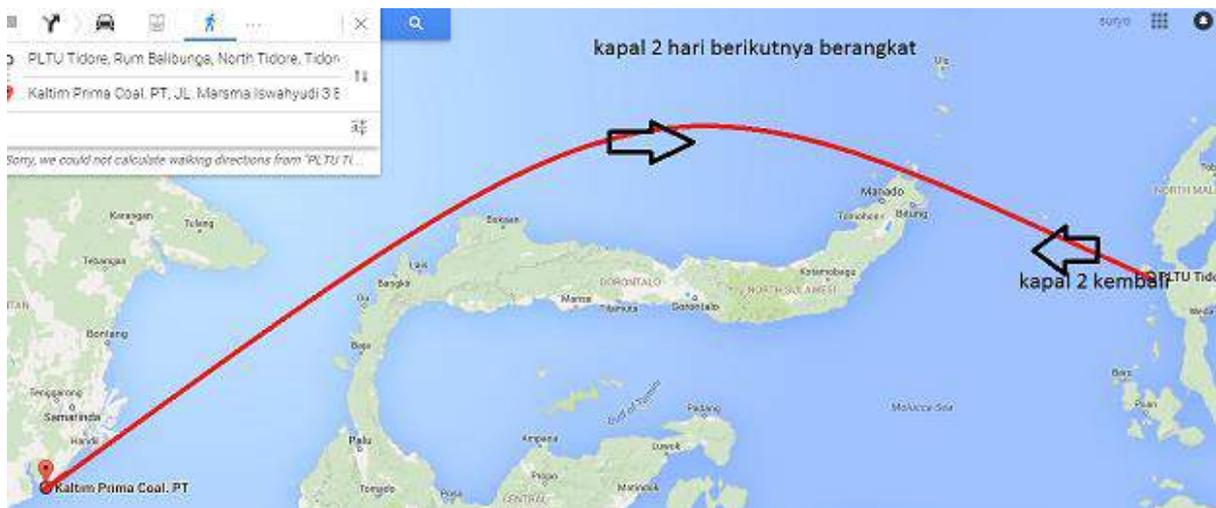
bongkar muat = payload : kapasitas  
 = 4500 / 6.8  
 = 735.2941176 menit  
 = 6.12745098 jam

### 5.1.6 Penentuan Pola Operasi



Gambar 5.5 Penentuan pola operasi kapal 1  
 (Sumber:pribadi)

Kapal 1 misal berangkat hari Minggu, maka akan sampai hari Selasa, dikarenakan perjalanan memakan waktu dua hari. Setelah kapal 1 berangkat dan bongkar muatan di Tidore maka kapal 1 akan kembali pada tengah hari di bungkering port/pelabuhan batubara. Dan mengisi batubara.



Gambar 5.6 penentuan pola oprasi kapal 2  
 (Sumber:pribadi)

Kapal 2 hari Senin berangkat dan sampai pada hari Rabo untuk melakukan pengiriman batu bara dan kembali pada tengah hari. Sampai pada *bunkering port* pada hari Jumat. Pada hari rabo kapal 1 berangkat untuk mengisi *stockpile* dan sampai pada hari Jumat.



Gambar 5.7 penentuan pola operasi kapal 3  
(Sumber:pribadi)

Kapal 3 berangkat pada hari Selasa dan sampai pada hari Kamis, lalu kembali lagi sampai pada *bunkering port* pada hari minggu. Pada pada hari Kamis kapal 2 berangkat untuk mengisi *stockpile* dan sampai pada hari Sabtu



Gambar 5.8 penentuan pola operasi kapal 4  
(Sumber:pribadi)

Kapal 4 berangkat pada hari Rabu dan sampai pada hari Jumat, lalu kembali lagi pada hari Minggu. Dan pada hari jumat kapal 3 berangkat untuk mengisi hari Minggu. Lalu kembali lagi pada kapal 1. Untuk mengisi hari berikutnya.

## 5.2 Perhitungan Awal

### 5.2.1 Froude Number (Fn)

Merupakan sebuah bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air, dan membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. Dinamakan sesuai dengan penemunya William Froude. Bilangan ini didasarkan pada kecepatan/bedda jarak. Dari perhitungan ukuran utama yang optimal didapat harga Fn [Lewis, 1988]:

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

$$F_{no} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$= 0.210646761$$

### 5.2.2 Koefisien *Block* (Cb)

Adalah perbandingan volume yang tercelup dalam fluida dengan panjang, lebar, dan sarat. Dari perhitungan ukuran utama optimal didapat harga Cb (Parsons, 2001):

$$C_b = -4.22 + 27.8 \sqrt{F_n} - 39.1 F_n + 46.6 F_n^3 \quad \text{untuk } 0.15 \leq F_n \leq 0.3$$

Ref: Parametric design chapter 11, p11-11

$$= 0.738$$

### 5.2.3 Koefisien *Midship* (Cm)

Adalah pebandingan luas *midship* yang tercelup dalam fluida dengan lebar, dan sarat. Dari perhitungan ukuran utama didapat harga Cm (Parsons, 2001):

$$C_m = 1.006 - 0.0056 C_b - 3.56$$

Ref: Parametric design chapter 11, p11-12

$$= 0.990$$

#### 5.2.4 Koefisien Perismatik (Cp)

Adalah perbandingan Cb dengan Cm. Dari perhitungan ukuran utama didapat harga Cp [Dokkum, 2003]

$$C_p = C_b / C_m$$

Ref. Parametric Design Chapter 11

$$= 0.746$$

#### 5.2.5 Koefisien *Waterplan* (Cwp)

Adalah perbandingan luas *waterplan* pada sarat dengan panjang dan lebar. Dari perhitungan ukuran utama didapat harga Cwp (Parsons, 2001):

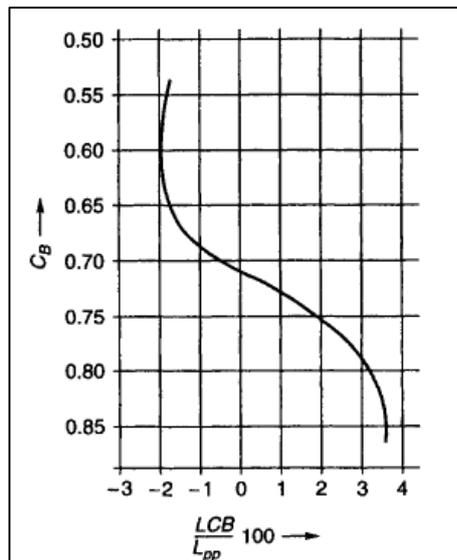
$$C_{wp} = C_b / (0.471 + 0.551 C_b)$$

Ref: Parametric design chapter 11, p11-16

$$= 0.841$$

#### 5.2.6 *Length Center of Bouyancy* (LCB)

Adalah jarak titik gaya angkat secara memanjang. Dari perhitungan yang optimal didapat harga Lcb [Schneekluth, 1998]:



Gambar 5.9 Grafik % Lcb – Cb

$$LCB = -13.5 + 19.4 C_p \quad \text{dalam \%L}$$

Ref: Parametric design chapter 11, p11-19

$$= 0.977 \quad \%L_{pp}$$

$$= 42.912 \quad \text{m dari AP}$$

### 5.2.7 Displacement

Perhitungan displacement pada Tugas Akhir ini dapat menggunakan rumus berikut [Dokkum, 2003]:

Volume displacement

$$V = L_{pp} \times B \times T \times C_b$$

$$= 6967.006 \text{ m}^3$$

Berat displacement

$$\Delta = V \times \gamma$$

Dimana  $\gamma = 1.025 \text{ ton/m}^3$

$$= 7141.181 \text{ ton}$$

### 5.3 Perhitungan Tahanan SPCB

Rumus yang digunakan adalah formula yang diberikan Henschke (1978). Dalam formula tersebut tahanan tongkang dibagi menjadi dua komponen :

1. Tahanan Air
2. Tahanan Angin

Tahanan Air :

$$W = f.s.V^{1.83} + P.Fx.V^2 \text{ (kg)}$$

Tahanan Angin :

$$W = 0,0041 \cdot (0,3A_1 + A_2) \cdot V_a^2 \text{ (lbs)}$$

Dimana,

F = Konstanta Bahan

S = Luas Permukaan Basah (m<sup>2</sup>)

V = Kecepatan Kapal (m/s)

P = Konstanta bentuk tongkang

Fx = Luas penampang midship (m<sup>2</sup>)

A1 = Luas penampang melintang kapal diatas permukaan (ft<sup>2</sup>)

A2 = Luas proyeksi transversal bangunan atas (ft<sup>2</sup>)

Va = Kecepatan relatif angina (ft/sec)

$$L_{pp} = 93.71 \quad \text{m}$$

Lwl	=	98.80	m	
B	=	15.00	m	
T	=	5.921	m	
H	=	8.008	m	
f	=	0.17	m	Untuk bahan baja
s	=	2266.39	m <sup>2</sup>	Rumus Holtrop
V	=	12	knot	
P	=	20		

Untuk kapal dengan rake haluan/buritan bersudut 45°

Fx	=	92.501	m <sup>2</sup>	
A1	=	17.100	m <sup>2</sup>	
184.063 ft <sup>2</sup>	=	10.76391	ft <sup>2</sup>	
Va	=	12	knot	
		15.1152	m/s	
13.50248	ft/sec	1 knot =	1.68781	ft/sec

Tahanan Air

W <sub>water</sub>	=	f.s.V <sup>1.83</sup> + P. Fx. V <sup>2</sup>	
	=	20,653.27	kg
	=	202.61	KN

Tahanan Angin

W <sub>wind</sub>	=	0,0041 . (0,3A1 + A2). Va <sup>2</sup>	
	=	41.27607235	lbs
		18.71930719	Kg ; 1 kg = 2.205 lbs
	=	0.183636404	KN

Tahanan Total

W <sub>total</sub>	=	W <sub>water</sub> + W <sub>wind</sub>	
	=	202.79	KN
RT	=	W <sub>total</sub> + margin 15%	
RT	=	233.2110991	KN

Perhitungan Daya mesin

Pe = EHP = Effective horse power

$$Pe = RT \times Vs$$

$$Pe = 719.78 \text{ kw } 965.2443827 \text{ hp}$$

Pd = DHP = Delivered horse power

$$Pd =$$

$$Pe \eta_d = 0,84 - (rpm(L0,5)/10000); \text{ RPM diambil } 75\eta_d$$

$$Hd = 0.766899042$$

$$Pd = 938.56257 \text{ kw } 1258.632922 \text{ hp}$$

PB = BHP = Brake Horse Power

$$PB = Pd \cdot \eta_s \cdot \eta_{rg}$$

$$\eta_s = \text{Shaft efficiency}$$

$$= 0.98 - 0.985$$

$$\eta_{rg} = \text{Reduction gear efficiency}$$

$$= 0.98$$

$$PB = 977.2621512 \text{ kw } 728.7443861$$

Koreksi :

Kamar mesin di belakang = 3%

$$PB = 29.31786454$$

Daerah pelayaran = 15% - 40% PB

$$= 146.5893227 \text{ 15\% PB}$$

$$\text{Total PB} = 1153.17 \text{ KW}$$

$$1 \text{ HP} = 0.7457 \text{ kw}$$

$$= 1546.43 \text{ HP}$$

Main Engine

$$\text{Jumlah Main Engine} = 1 \text{ Unit}$$

$$\text{Daya tiap mesin} = 1546.43 \text{ HP } 1153.17 \text{ KW}$$

$$\text{Daya Terpasang} = 1931.07 \text{ HP}$$

$$\text{Panjang} = 3.973 \text{ m}$$

$$\text{Lebar} = 1.713 \text{ m}$$

Tinggi	=	1.465	m
Berat	=	11.00	Ton
Koefisien Konsumsi	=	0.085	Ton/Hour
Auxiliary Engine			
Kebutuhan AE	=	309.29	HP
;Pendekatan 20% ME ditambah kebutuhan RO			
Jumlah AE	=	1.00	Unit
Daya tiap mesin	=	309.29	HP
		230.6338677	kw
Daya Terpasang Tiap Mesin	=	321.85	HP
Panjang	=	3.089	m
Lebar	=	1.061	m
Tinggi	=	1.604	m
Berat	=	3.4	Ton
Koefisien Konsumsi	=	0.042	Ton/hour

Untuk memilih mesin induk yang akan digunakan suatu kapal, maka dibutuhkan perkiraan daya motor induk yang mampu mencakup seluruh kebutuhan kapal sehingga kapal dapat beroperasi dengan baik. Setelah daya motor induk dihitung, selanjutnya adalah memilih motor induk yang ada di katalog motor induk dengan kapasitas daya sama atau sedikit diatas daya yang telah dihitung. Dalam hal ini data mesin yang akan digunakan diambil dari katalog mesin MAN B&W Diesel WARTSILA.

#### 5.4 Perhitungan DWT dan LWT

Pendekatan komponen-komponen DWT diambil dari perhitungan (Watson, 1988), komponen-komponen DWT terdiri dari:

- Kebutuhan bahan bakar

- *Main Engine*

*Seatime* = 58 jam

Koefisien konsumsi = 0,085 ton/jam

Kebutuhan BB = 8,03 ton

Koreksi 10% = 0,80 ton

Total BB Main E = 8,83 ton

- *Auxiliary Engine*

<i>Turn Around Time</i>	= 204,13 jam
Koefisien konsumsi	= 0,02 ton/jam
Kebutuhan BB	= 3,685 ton
Koreksi 10%	= 0,369 ton
Total BB Aux. E	= 4,054 ton

- Kebutuhan minyak pelumas

$$W_{\text{pelumas}} = (0,01 - 0,03) \times W_{\text{bahan bakar}} = 0,089 \text{ Ton/trip}$$

- Kebutuhan air tawar

Diambil rata-rata kebutuhan air tawar perhari 100 kg/orang, maka 5 hari membutuhkan 7,31 ton air untuk 15 orang *crew* dan pendingin mesin sebesar 5,17 ton. Jadi jumlah keseluruhan berat air tawar sebesar 12,48 ton.

- Berat orang dan bawaan

Jumlah *crew* adalah 15 orang dengan rata-rata 85 kg/orang, maka jumlah berat total *crew* sebesar 1,275 ton.

- Cadangan di stock pile dibutuhkan sekitar 500 ton

- Total berat DWT keseluruhan adalah 5118 ton

Pendekatan komponen-komponen LWT diambil dari perhitungan (Watson, 1988), komponen-komponen LWT terdiri dari:

- Berat baja

$$\text{Dihitung menggunakan rumus } W_{st} = W_{si} \cdot (1 + 0.5(CB' - 0.70))$$

Dimana:

$$W_{si} = \text{Berat bersih baja (ton)}$$

$$CB' = \text{koreksi } C_b > 0,7$$

$$CB' = CB + (1 - CB) \cdot ((0.8D - T) / 3.T)$$

$$CB = \text{Koefisien Blok kapal}$$

$$H = \text{Tinggi kapal (m)}$$

$$T = \text{Sarat kapal (m)}$$

sehingga didapatkan nilai  $W_{st} = 263,40 \text{ ton}$

- Berat permesinan

- Berat ME = 7,2 ton

- Berat AE = 1,03 ton

- Dihitung dengan rumus  $W_r = K \cdot MCR^{0.7}$ .

Dimana:

K = 0,72 untuk jenis bulk carrier

MCR = 490,33 kw

Maka  $W_r = 27,52$  ton

Nilai total berat permesinan adalah 35,75 ton.

- Berat *outfitting dan equipment*

Perhitungan berat *outfitting* dan *Equipment* mengacu pada rumus pendekatan, sehingga didapat nilai berat *outfitting dan equipment* adalah 1302.97 ton.

## 5.5 Pemeriksaan

### 5.5.1 Hukum Archimedes

Berat LWT = 1502.97 ton

Berat DWT = 5118 ton

Total berat = 6620.97 ton

$\Delta$  = 6899 ton

Persyaratan  $\Delta$  harus lebih besar antara 0 % sampai 5% dari W (sumber : handout Tugas Merancang kapal 1)

Maka

selisih = 277.83 MEMENUHI

% selisih = 4.20% MEMENUHI

### 5.5.2 Perhitungan Daya dan Pemilihan Motor Induk

Untuk perhitungan daya motor induk ( $P_B$ ), rumus dalam "Parametric Design Chapter 11" diberikan sebagai berikut :

$P_B$  = BHP (*break house power*)

$$\frac{P_D}{\eta_s \cdot \eta_{rg}} \quad [\text{kW}]$$

dimana :

$P_D$  = DHP (*delivered power at propeller*)

$$\frac{R_T \cdot V_s}{\eta_D} \quad [\text{kW}]$$

$\eta_s$  = *shaft efficiency*

$$= 0.98 - 0.985$$

$\eta_{rg}$  = *reduction gear efficiency*

$$= 0.98$$

Setelah mendapat harga  $P_B$ , kemudian dilakukan koreksi kerugian akibat letak kamar mesin dan rute pelayaran :

$$\text{Koreksi akibat letak kamar mesin} = 3\% P_B$$

$$\text{Koreksi akibat rute} = 10\% P_B$$

$$\text{Sehingga total } P_B = P_B + 3\%P_B + 10\%P_B$$

Adapun untuk daya *Generator Set (Genset)* yang akan dipakai, bisa didapatkan pada katalog *Genset* yang spesifikasinya berdasarkan pada data beberapa kapal pembanding yang memiliki DWT yang tidak jauh berbeda. Dalam hal ini genset yang akan digunakan diambil dari katalog MAN B&W Diesel *Engine*. Untuk detail perhitungan perkiraan daya motor induk terlampir.

Dari perhitungan tersebut, maka dipilih motor induk dan *genset* sebagai berikut :

☐ Motor Induk :

Jenis motor induk : S26MC L3

Daya : 1360 kW

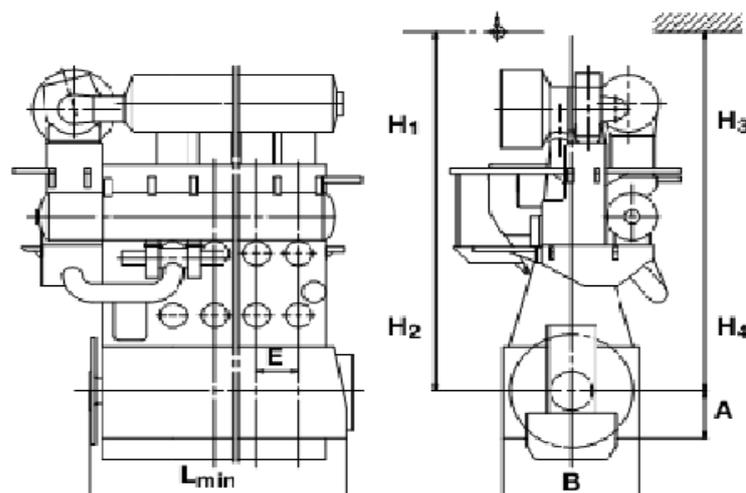
RPM : 212

Panjang : 2970 mm

Lebar : 1860 mm

Tinggi : 4852 mm

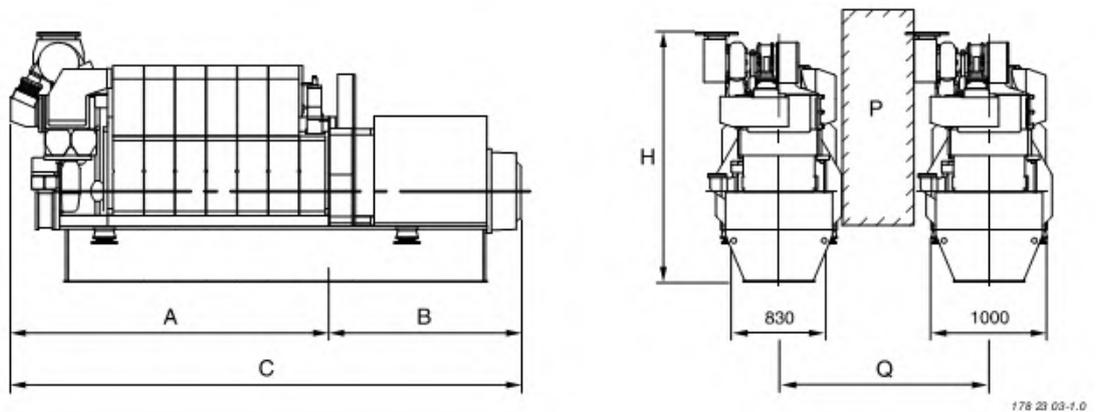
Berat : 32 ton



Gambar 5.10 Mesin Induk MAN B&W type 6 L27/38

☐ *Genset* :

Jenis genset	: 5L 16/24
Daya	: 430 kW
Panjang	: 2900 mm
Lebar	: 1050 mm
Tinggi	: 1740 mm
Berat	: 1.857 ton



Gambar 5.11 Mesin Induk MAN B&W type 6 L27/38

### 5.5.3 Perhitungan Stabilitas

Adapun langkah-langkah perhitungan stabilitas sebagai berikut :

L	= <i>waterline length</i> = 188,69 ft
B	= <i>maximum breadth</i> = 39,53 ft
B <sub>w</sub>	= <i>maximum waterline breadth</i> = 39,53 ft
H	= <i>mean draft at designed waterline</i> = 11,30 ft
D <sub>M</sub>	= <i>minimum depth</i> = 11,30 ft
S <sub>F</sub>	= <i>sheer forward</i> = 0 ft

$S_A$  = sheer after = 0 ft  
 $\Delta_0$  = displacement at designed waterline [long ton]  
 =  $\Delta/1.016 = 1315,26$  long ton  
 $L_d$  = length of superstructure which extend = 18,14 m  
 $d$  = height of superstructure = 5,91 m  
 $C_B$  = block coefficient = 0.854  
 $C_W$  = waterline coefficient at draft H = 0.907  
 $C_X$  = midship section coefficient at draft H = 0,996  
 $C_{PV}$  = vertical prismatic coefficient at draft H = 0.94  
 $A_0$  = area of waterline plane at designed draft = 6765,94 ft<sup>2</sup>  
 $A_M$  = area of immersed midship section = 44,84 ft<sup>2</sup>  
 $A_2$  = area of vertical centerline plane to depth D = 2195,77ft<sup>2</sup>  
 $S$  = mean sheer = 107,14 ft  
 = area of centerline plane above minimum depth  
 =  $(L_d \cdot d) + \left[ \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left( \frac{S_F}{3} \right) \right] + \left[ \frac{1}{2} \cdot L \cdot \left( \frac{S_A}{3} \right) \right]$   
 $D$  = mean depth = 11,86 ft  
 =  $\left( \frac{S}{L} \right) + D_M$   
 $F$  = mean freeboard = 4,07 ft  
 $A_1$  = area of waterline plane at depth D maybe estimate from  $A_0$  and nature of stations above waterline  
 =  $1.01 \cdot A_0 = 6833,60$  ft<sup>2</sup>

Perhitungan lengan statis ( GZ ) :

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left( \frac{A_0 + A_1}{2} \right) \left( \frac{F}{35} \right)$$

$$= 2105,60 \text{ ton}$$

$$\delta = \left( \frac{\Delta_T}{2} \right) - \Delta_0$$

$$= -1195,681 \text{ ton}$$

$$C_{W'} = \frac{A_2}{L \cdot D}$$

$$= 0.98$$

$$C_{W''} = C_{W'} - \frac{140\delta}{B.D.L} (1 - C_{PV''})$$

$$= 1,04$$

$$C_X' = \frac{A_M - B.F}{B.D}$$

$$= 1,29$$

$$C_{PV}' = \frac{35\Delta_T}{A_1 D}$$

$$= 0.91$$

$$C_{PV}'' = \frac{35\Delta_T}{A_2 B}$$

$$= 0.85$$

$$f_0 = \frac{H \left( \left( \frac{A_1}{A_0} \right) - 1 \right)}{2F(1 - C_{PV})}$$

$$= 0,24$$

$$f_1 = \frac{D \left( 1 - \left( \frac{A_0}{A_1} \right) \right)}{2F(1 - C_{PV}')} = 0,16$$

$$f_2 = \begin{cases} 9.1(C_X' - 0.89) & \Rightarrow C_X' \geq 0.89 \\ 0 & \Rightarrow C_X' < 0.89 \end{cases}$$

KG = KG yang didapat dari total berat perhitungan.

$$KG' = \frac{D(1 - h_1)\Delta_T - \delta}{2\Delta_0}$$

$$= 2,366 \text{ ft}$$

$$GG' = KG' - KG = 7,857 \text{ ft}$$

$$h_1 = -0.4918 \cdot (C_{PV}')^2 + 1.0632 C_{PV}' - 0.0735 = 0,311$$

[ Hasil regresi hal 254 fig. A – 14 , The Theory and Tecnick of Ship Design. Harga  $h_1$  didapat dari perpotongan antara  $C_{PV}'$  dengan grafik  $f_1$  ].

$$h_0 = 0.335 C_{PV} + 0.1665 = 0.314$$

[ Hasil regresi hal 254 fig. A – 14 , The Theory and Tecnick of Ship Design. Harga  $h_0$  didapat dari perpotongan antara  $C_{PV}$  dengan grafik  $f_0$  ].

$$\begin{aligned} KB_0 &= (1-h_0)H \\ &= 7,75 \text{ ft} \\ G'B_0 &= KG' - KB_0 = -6,25 \text{ ft} \\ h_2 &= -0.4918 \cdot (C_{PV''})^2 + 1.0632 \cdot C_{PV''} - 0.0735 = 0.548 \end{aligned}$$

[ Hasil regresi hal 254 fig. A – 14 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga  $h_2$  didapat dari perpotongan antara  $C_{PV''}$  dengan grafik  $f_2$  ].

$$\begin{aligned} G'B_{90} &= \left( \frac{\Delta_T h_2 B}{4\Delta_0} \right) - \left( \frac{17.5\delta^2}{\Delta_0 \left( A_2 - 70 \left( \frac{\delta}{B} \right) (1 - C_{PV''}) \right)} \right) \\ C_1 &= 0.072 C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004 = 0.0181 \end{aligned}$$

[ Hasil regresi hal 255 fig. A – 15 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga  $C_1$  didapat dari perpotongan antara line 1 dengan  $C_w$  ].

$$\begin{aligned} BM_0 &= \frac{C_1 \cdot L B w^3}{35\Delta_0} \\ C_1' &= 0.1272 C_w'' - 0.0437 = 0.78 \end{aligned}$$

[ Hasil regresi hal 255 fig. A – 15 line 2 , The Theory and Technic of Ship Design. Harga  $C_1'$  didapat dari perpotongan antara line 2 dengan  $C_w''$  ].

$$\begin{aligned} BM_{90} &= \left( \frac{C_1' LD^3}{35\Delta_0} \right) + \left( \frac{L_d d D^2}{140\Delta_0} \right) \\ GM_0 &= KB_0 + BM_0 - KG = 9,96 \text{ ft} \\ G'M_0 &= KB_0 + BM_0 - KG' = 10,83 \text{ ft} \\ G'M_{90} &= BM_{90} - G'B_{90} = -3,25 \text{ ft} \\ b_1 &= \left( \frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right) - \left( \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32} \right) \\ &= 16,35 \text{ ft} \\ b_2 &= \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \\ &= 0,94 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$b_3 = \left( \frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right) - \left( \frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right)$$

$$= -4,28 \text{ ft}$$

$$G'Z' = b_1 \cdot \sin 2\phi + b_2 \cdot \sin 4\phi + b_3 \cdot \sin 6\phi = 1,490 \text{ ft}$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \phi = 2,175 \text{ ft}$$

$$\phi = 5^\circ$$

Batasan yang digunakan untuk stabilitas menggunakan standar IS Code. Berikut adalah pemeriksaan hasil hitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya :

- Tinggi Metacentre (MG) pada sudut oleng  $0^\circ$  : tidak boleh kurang dari 0.15 m, hasil optimisasi MG = 3,04 m (**memenuhi**)
- Lengan stabilitas statis (GZ) pada sudut oleng  $> 30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.20 m, hasil optimisasi GZ = 4,43 m (**memenuhi**)
- Lengan stabilitas statis (GZ) maksimum harus terjadi pada sudut oleng sebaiknya lebih dari  $15^\circ$ , hasil optimisasi GZ maks terjadi pada sudut  $43,85^\circ$  (**memenuhi**)
- Luasan bidang yang terletak dibawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng  $30^\circ$  sampai  $40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.02 m radian, hasil optimisasinya adalah 0,34 m.rad (**memenuhi**)
- Luasan kurva dibawah lengkung lengan statis (GZ) tidak boleh kurang dari 0.055 m radian sampai dengan  $30^\circ$  sudut oleng, hasil optimisasinya adalah 0,5835 m.rad dan tidak boleh kurang dari 0.09 m radian sampai dengan  $40^\circ$  sudut oleng, hasil optimisasinya adalah 0,9273 m.rad

#### 5.5.4 Perhitungan Lambung Timbul

Karena berlayar lokal hanya di Indonesia maka perhitungan lambung timbul dilakukan sebagai berikut:

- Tipe kapal  
Tipe B
  1. Kapal yang didesain memuat muatan ore.
  2. Kapal yang mempunyai integritas tinggi pada geladak terbuka dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, ditutup sekat penutup baja yang kedap atau material yang equivalent.

3. Mempunyai permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

- Freeboard standart

Yaitu freeboard yang tertera pada tabel freeboard standar sesuai dengan tipe kapal.

$$Fb = 1135.00 \text{ mm.}$$

- Koreksi untuk kapal dibawah 100m ( $Fb_1$ )

Untuk kapal dengan panjang  $24 < L < 100$  m dan mempunyai superstructure tertutup dengan panjang efektif mencapai  $35\%L$ . barge ini tidak memiliki bangunan atas sehingga  $Fb_1=0$ .

- Koreksi koefisien blok (untuk kapal dengan  $C_b > 0.68$ )

$$Fb_2 = fb \times (0.68 + C_b) / 1.36$$

$$= 1241.99 \text{ mm}$$

- Koreksi tinggi ( $Fb_3$ )

Koreksi dilakukan apabila  $D > L/15$

$$D = \text{tinggi kapal} = 8.008 \text{ meter}$$

$$L/15 = 3.083 ; D < L/15 \text{ maka } Fb_3 = 0$$

- Koreksi lengkung memanjang kapal

$$A = 1/6(2.5 \times (L+30) - 100(S_f + S_a)) \times (0.75 - S/2L)$$

$$= 24,879 \text{ cm}$$

$$B = 0.125 \times L$$

$$= 9,871 \text{ cm}$$

Jika  $A > 0$ , maka koreksi LMK = A

$A > 0$ , dan  $ABS > B$  maka koreksi LMK = -B

$A < 0$ , dan  $ABS < B$  maka koreksi LMK = A

$S_f$  adalah tinggi lengkung memanjang pada FP

$S_a$  adalah tinggi lengkung memanjang pada AP

S adalah panjang seluruh bangunan atas

- Lambung timbul minimum

Adalah penjumlahan dari semua koreksi untuk mendapatkan tinggi lambung timbul minimum

$$\text{Freeboard standart} = 1135.00 \text{ mm}$$

$$\text{Koreksi koefisien blok} = 1241,99 \text{ mm}$$

$$\text{koreksi LMK} = 24,879 \text{ mm}$$

Dari perhitungan batasan yang telah dibuat didapat nilai lambung timbul minimum adalah 459 mm. Lambung timbul hasil iterasi yang didapatkan dari H – T didapat nilai 2,097,86 mm. Jadi lambung timbul *barge* telah memenuhi standar.

## 5.6 Biaya Pembuatan Kapal

Fungsi obyektif dalam proses optimasi ini adalah biaya pembangunan kapal.

Biaya pembangunan kapal terdiri dari:

$$P_{st} = W_{st} \times C_{st}$$

- Biaya pembuatan lambung kapal

Dimana:

$P_{st}$  = Harga total pelat (\$)

$W_{st}$  = Berat pelat = 834,768(ton)

$C_{st}$  = Pendekatan harga pelat termasuk jasa (\$/ton)

Sehingga didapat harga total pembuatan lambung kapal sebesar 1,019,748.84 \$ atau setara dengan 12,848,835,355 Rupiah

- Biaya *outfitting dan equipment*

$$P_{eo} = W_{eo} \times C_{eo}$$

Dimana:

$P_{eo}$  = Harga total perlengkapan (\$)

$W_{eo}$  = Berat perlengkapan = 105.57(ton)

$C_{eo}$  = Pendekatan harga perlengkapan dan jasa (\$/ton)

Sehingga didapat harga total perlengkapan sebesar 1,195,715.50 \$ atau setara dengan 15,066,015,342.25 Rupiah.

- Biaya permesinan

$$P_{me} = W_{me} \times C_{me}$$

Dimana:

- $P_{me}$  = Harga total permesinan (\$)
   
 $W_{me}$  = Berat permesinan = 35.75 (ton)
   
 $C_{me}$  = Pendekatan harga permesinan dan jasa (\$/ton)

Sehingga didapat harga total perlengkapan sebesar 700,959.058 \$ atau setara dengan 8,832,084,132.30 Rupiah.

➤ *Non-weight cost*

Biaya ini merupakan biaya-biaya yang tidak dapat dikelompokkan dengan ketiga grup biaya sebelumnya. Contohnya:

- Biaya untuk *drawing office labour and overhead*.
- Biaya untuk biro klasifikasi dan Departemen Perhubungan.
- Biaya konsultasi.
- Biaya lain – lain.

$$P_{nw} = C_{nw} \cdot (P_{st} + P_{eo})$$

Rumus pendekatan *Non-weight cost* adalah sebagai berikut:

Dimana:

$P_{nw}$  = Biaya tambahan (\$)

$C_{nw} = \begin{cases} 7.5\% \sim 12.5\% & \Rightarrow \text{untuk kapal atau galangan kecil} \\ 10\% & \Rightarrow \text{untuk kapal atau galangan besar} \end{cases}$

$C_{nw} = 10\%$

Sehingga didapat *Non-weight cost* sebesar 291,642.34 \$ atau setara dengan 2,621,864,635.842 Rupiah.

➤ Total biaya

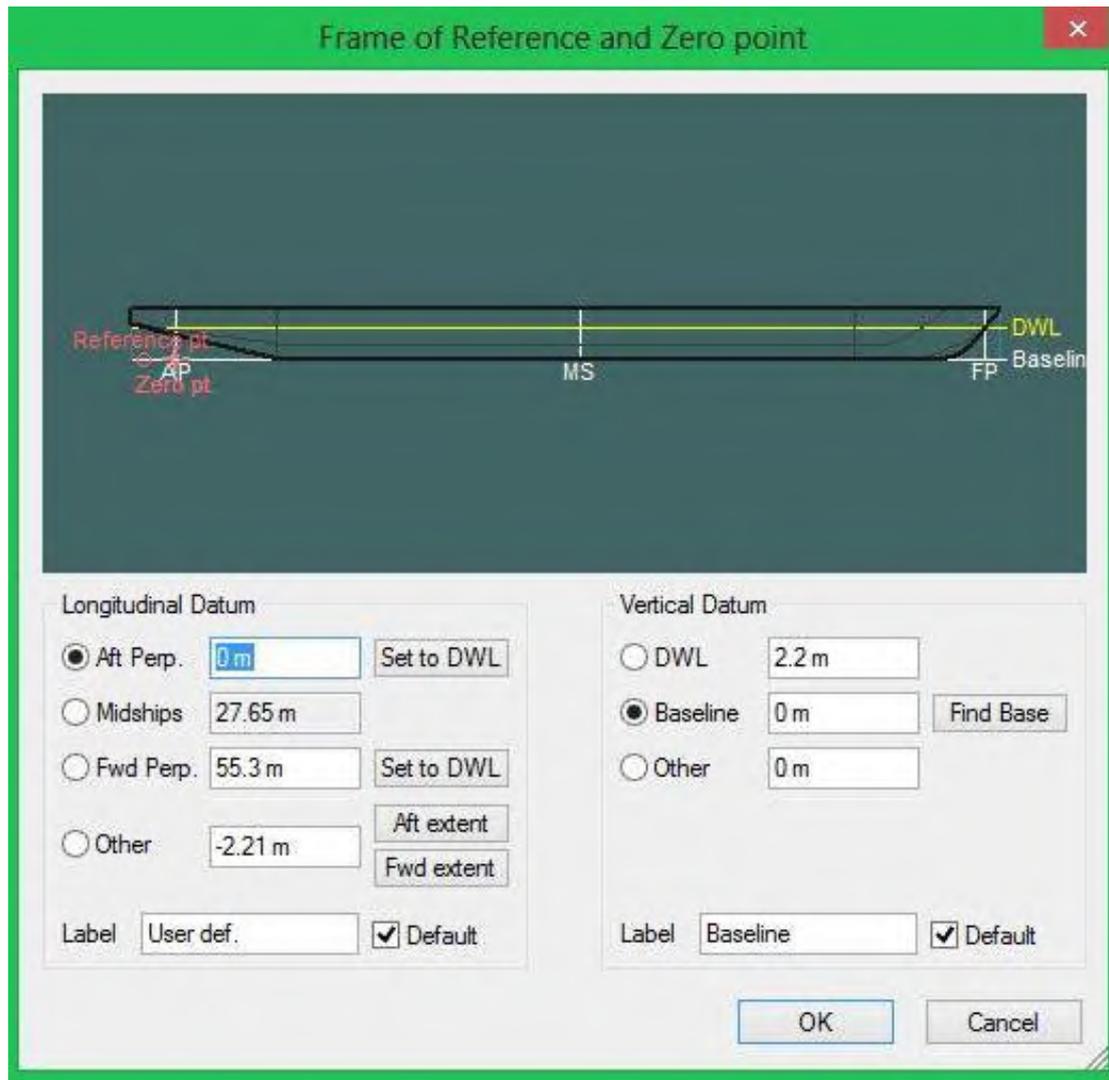
Dari penjumlahan ke empat komponen tersebut didapatkan biaya pembangunan kapal, yaitu sebesar 12,916,423.399 \$ atau setara dengan 36,746,934,829.379 Rupiah.

## 5.7 Pembuatan Rencana Garis

Untuk merancang sebuah kapal maka yang pertama dilakukan adalah pembuatan Rencana Garis. Dalam pembuatan Rencana Garis ini digunakan *software Maxsurf 20*. Caranya adalah dengan perpaduan antara *Maxsurf* dengan *AutoCAD*. Pada Program *software Maxsurf* tersebut juga disediakan beberapa desain dasar kapal, seperti *Tanker Bow, series 60, ship 1, ship 2, ship 3* dan sebagainya. Dengan memanfaatkan desain dasar tersebut (berupa bagian bentuk kapal), maka bisa dibuat bagian kapal lainnya dengan menggunakan bentuk-bentuk dasar seperti model kapal yang dipilih.

Rencana Garis untuk barge ini dibuat dengan memodelkan desain awalnya dengan membuat *surface model box*. Kemudian membuat model menjadi desain yang diinginkan dengan tidak mengurangi dasar-dasar gambar barge. Sehingga diperoleh gambaran karakteristik awal model.

Dari model kemudian dimasukkan ukuran yang diinginkan, maka bentuk garis baru telah didapatkan. Penggunaan metode ini harus memperhatikan beberapa aspek. Yaitu tipe kapal,  $C_b$ , dan  $L_{cb}$ . Rencana Garis yang akan dibuat tidak boleh memiliki nilai  $C_B$  dan  $L_{cb}$  yang berbeda jauh dari desain awal. Kemudian dilakukan penentuan *zero piont*. Pada perancangan ini *zero point* ditentukan pada *base line* di AP. Selanjutnya *zero point* tersebut diaplikasikan ke desain. Pada proses ini dilakukan juga penentuan sarat *barge* dan penentuan panjang *perpendicular*.



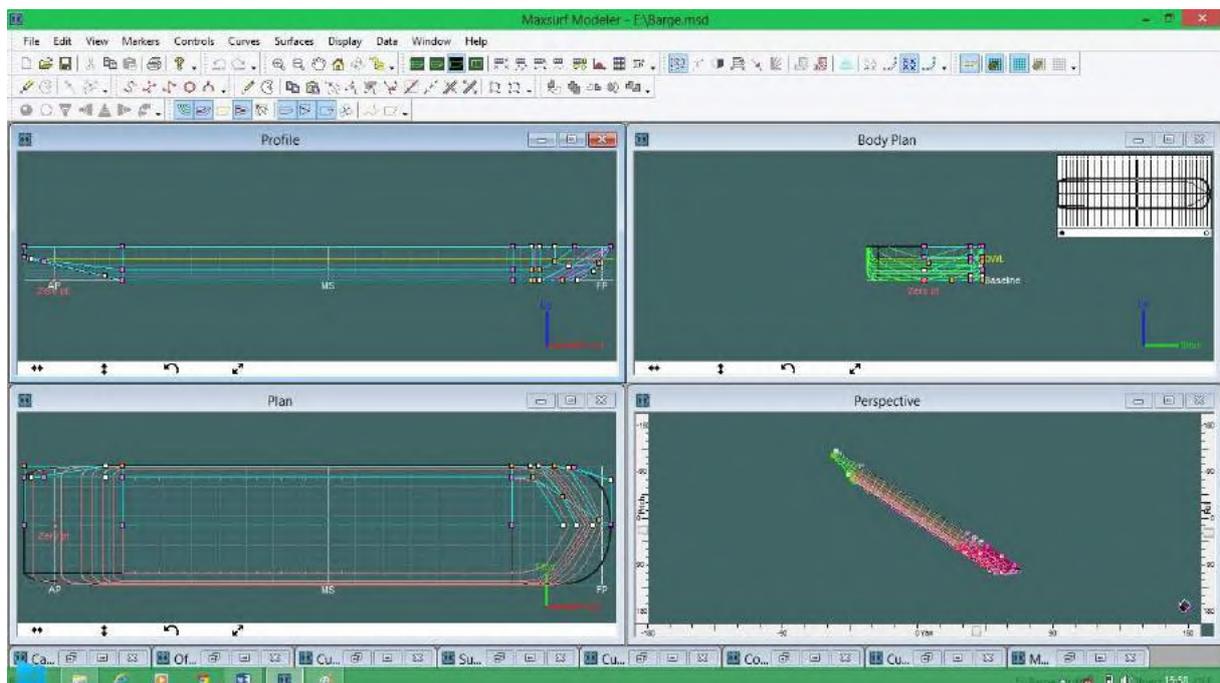
Gambar 5.12 *Parametric transformations*  
(Sumber: Data Software)

Gambar 5.7 pada halaman sebelumnya adalah proses *parametric transformation*. Dengan memasukkan batasan yang sesuai perhitungan, maka *Maxsurf* akan menentukan bentuk kapal yang sesuai dengan perhitungan tersebut.

Pada gambar hasil *Maxsurf* tersebut terdapat point-point yang digunakan untuk menentukan bentuk lines plan kapal, point-point tersebut bisa di pindah-pindah sehingga bentuk lines plan dapat sesuai dengan yang diinginkan. Tetapi jika point-point tersebut di pindah maka nilai-nilai ukuran utama dan koefisien-koefisiennya akan berubah. Dalam *maxsurf* bisa melihat nilai-nilai ukuran utama dan koefisien-koefisien kapal setelah diubah.

Penentuan jumlah *waterline*, *buttock line*, dan *station* ditentukan di maxsurf. Dengan memasukkan jumlah garis dan jarak antar garis pada *data-grid spacing*, maka bentuk *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* bisa terlihat dengan jelas. Ditentukan jumlah station yaitu 20 buah termasuk AP dan FP. Dengan jarak *station* 2,765 m. Jumlah *waterline* ditentukan 7 buah. Dengan jarak *waterline* 1 m dan sarat 2,20 m. Untuk jumlah garis *buttock* ditentukan 7 buah dengan jarak 1 meter termasuk garis terluar selebar barge.

Setelah semua langkah-langkah di atas dilaksanakan maka tampilan secara keseluruhan desain barge dapat dilihat pada gambar di bawah:



Gambar 5.13 Pembuatan *lines plans* dengan Maxsurf 20

(Sumber: Data Olahan)

Dari model tersebut juga bisa langsung diketahui bagaimana karakteristik badan kapal model. Nilai yang muncul harus sama atau setidaknya mendekati nilai yang diperoleh dari hasil perhitungan. Adapun karakteristik model tersebut seperti tampak pada gambar 5.9 di bawah ini.

**Hydrostatics at DWL**

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	1338	t
2	Volume (displaced)	1305.816	m <sup>3</sup>
3	Draft Amidships	2.200	m
4	Immersed depth	2.200	m
5	WL Length	57.546	m
6	Beam max extents on WL	12.050	m
7	Wetted Area	856.255	m <sup>2</sup>
8	Max sect. area	26.087	m <sup>2</sup>
9	Waterpl. Area	672.290	m <sup>2</sup>
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.870	
11	Block coeff. (Cb)	0.856	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0.984	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.970	
14	LCB length	27.377	from z
15	LCF length	25.926	from z
16	LCB %	47.574	from z
17	LCF %	45.052	from z
18	KB	1.157	m
19	KG fluid	0.000	m
20	BMt	6.068	m
21	BML	134.104	m
22	GMt corrected	7.226	m
23	GML	135.261	m
24	KMt	7.226	m
25	KML	135.261	m
26	Immersion (TPc)	6.891	tonne/c
27	MTc	32.738	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1)	168.788	tonne.

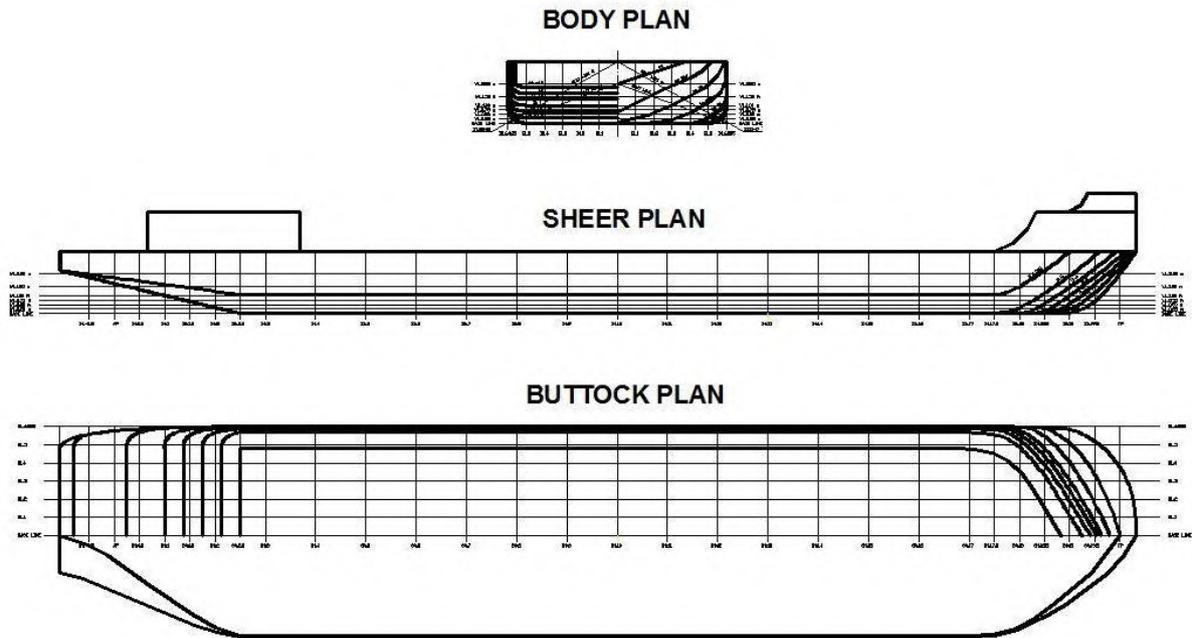
Density (water)

Std. densities

VCG

Gambar 5.14 Nilai hidrostatis model  
(Sumber: Data Olahan)

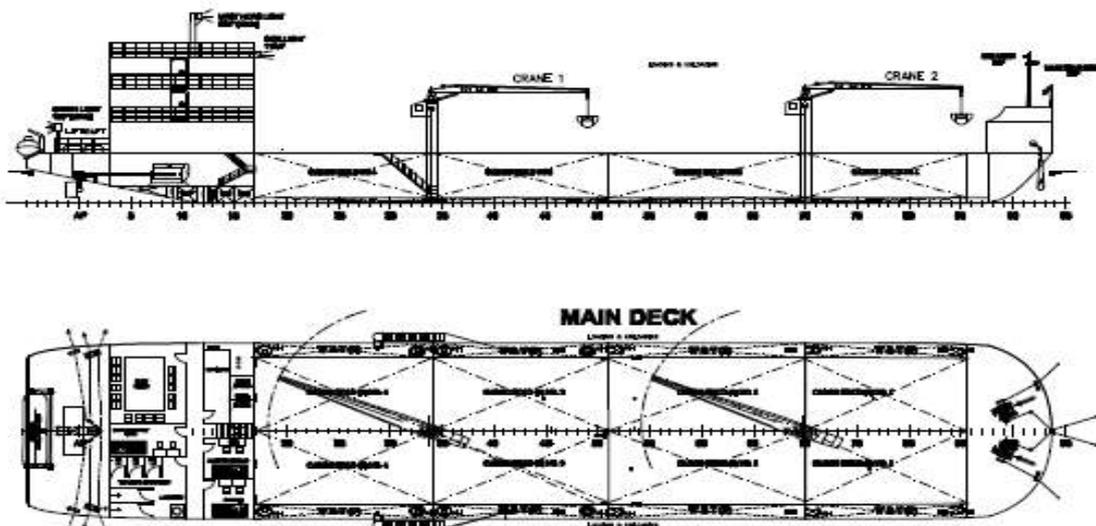
Dari model gambar *body plan*, *sheer plan*, dan *half breadth plan* kemudian diekspor ke dalam *Software AutoCAD* untuk kemudian diperhalus tampilannya. Sehingga didapatkan gambar Rencana Garis sebagai berikut:



Gambar 5.15 Rencana Garis

## 5.8 Pembuatan Rencana Umum

Setelah rencana garis selesai dibuat, selanjutnya adalah pembuatan rencana umum. Rencana Umum berisi perencanaan peletakan muatan, peletakan perlengkapan dan peralatan, pembagian sekat, dan sebagainya. Berikut adalah beberapa pertimbangan yang dilakukan dalam pembuatan Rencana Umum.



Gambar 5.16 Main deck

(Sumber: Software CAD)

### 5.8.1 Penentuan Sistem *Crane Grab*

Pada bagian ini menggunakan *crane* dengan tipe *grab lifting*. *Crane* ini sangat efisien jika digunakan untuk mobilitas bongkar muat di pelabuhan yang minim fasilitas akan bongkar muat dan lebih murah disbanding dengan menggunakan *conveyor* dan *loader* sewaan

### 5.8.2 Sistem Propulsi

SPCB yang dirancang memiliki bentuk yang khusus. Bentuk yang biasa pada Barge adalah memiliki nilai  $C_b$  yang besar antara 0.8 – 1, selain itu memiliki tinggi draft yang kecil sehingga harus menggunakan alat gerak atau *propulsion system* yang khusus pula. Jenis *propulsion system* yang paling banyak digunakan adalah jenis *azimuth system*. Kapal ini menggunakan sistem propulsi *Z-drive system* dikarenakan bentuk kemiringan buritan. Sistem ini memiliki ciri yang unik yaitu pembelokan arah poros sehingga antara propeller dan mesin tidak dalam satu garis. Hal ini dimungkinkan karena menggunakan sistem ini dapat digunakan pada kapal yang memiliki draft yang kecil.

### 5.8.3 Peletakan Sekat

Sekat yang direncanakan ada 4 macam yaitu sekat melintang kedap, sekat tubrukan, dan sekat memanjang kedap. Perencanaan sekat telah dilakukan pada waktu perhitungan berat konstruksi. Untuk sekat tubrukan dipasang 2.7 meter dari FP. Ini telah sesuai dengan jarak maksimal yang diberikan kelas yaitu  $0,05L$ . Pada peletakan sekat kedap melintang terpasang dengan jarak tiap sekat sepanjang 13 meter. Jarak ini tidak melebihi jarak maksimum yang dibolehkan kelas yaitu  $0.153 * L + 3.81$  (meter). Yang terakhir untuk pertimbangan pemasangan sekat memanjang yaitu dengan perbandingan B/H yang mencapai nilai 3.5. Hal ini dianjurkan kelas untuk dipasang sekat memanjang untuk menunjang kekuatan kapal secara memanjang. Pada barge ini terpasang 1 sekat memanjang, 5 sekat kedap melintang, dan 1 sekat tubrukan.

### 5.8.4 Perencanaan Lampu Navigasi

Perencanaan lampu mengacu pada COLREG. Untuk barge yang ditarik harus memiliki minimal *towing light*, *side light*, *anchor light* dan *stern light*.

- *Anchor Light*

*Anchor light* terletak di bagian haluan kapal, dengan ketentuan sebagai berikut :

- Jumlah 1 buah.
- Sudut  $360^\circ$  pada bidang horisontal.
- Dapat dilihat pada jarak minimal 3 mil.
- Side light.  
Side light terletak di bagian ujung tepi haluan, dengan terpasang pada kedua sisi kapal :
  - Pada lambung sisi kanan berwarna hijau.
  - Pada lambung sisi kiri berwarna merah.
  - Bersudut  $112,5^\circ$  dari sisi lambung ke arah luar.
  - Dapat dilihat sejauh 2 mil dari depan kapal.
- Stern Light  
Stern light terletak di bagian belakang kapal. Pada barge ini terpasang stern light tepat pada geladak centerline buritan.
  - warna lampu putih berjumlah 1 buah.
  - Sudut  $135^\circ$  pada bidang horisontal.
  - Dapat dilihat pada jarak minimal 2 mil.

#### 5.8.5 Penentuan Sistem Keselamatan

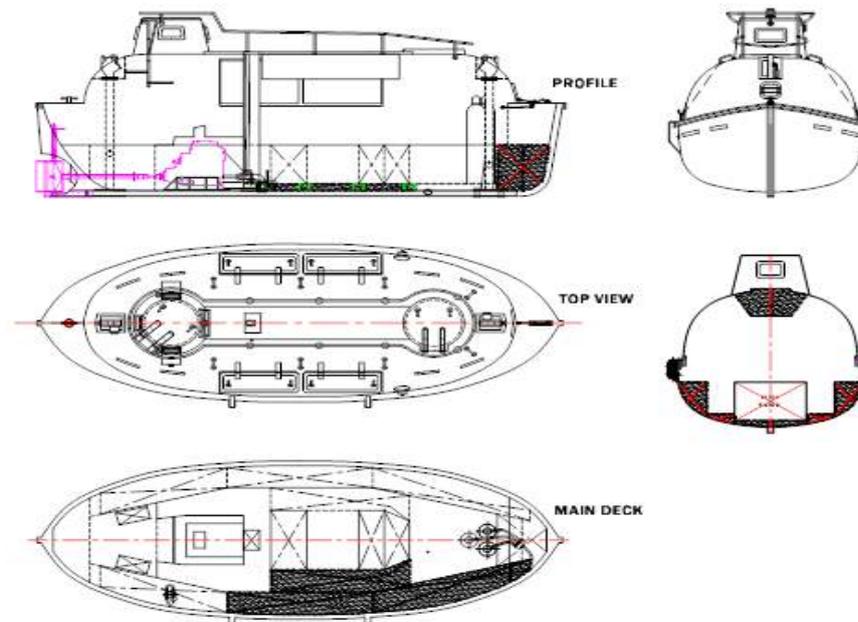
Untuk alat-alat keselamatan perencanaan didasarkan pada ”*SOLAS 74/78*”. Adapun beberapa peralatan keselamatan yang digunakan antara lain :

##### ☐ Sekoci Penolong

Untuk Sekoci Penolong, dalam perencanaan digunakan tipe *davit* yang seluruhnya tertutup (*Totally Enclosed Lifeboat*). Sekoci terletak pada *main deck* dan dipasang pada posisi tengah-tengah. Jenis sekoci seperti pada gambar 5.11 di bawah ini.

Data *Life Boat*:

- Type : G-F4K-FP
- Dimensi : 6.28 x 2.4 x 1.03 m
- Kapasitas : 20 orang
- Berat kosong (saat tak terpakai) : 3210 kg
- Berat saat terpakai : 5235 kg
- Jumlah : 1



Gambar 5.17 Sekoci Penolong

❑ Pelampung Penolong (*Lifebuoy*)

Adapun ketentuan-ketentuan dalam menentukan pelampung adalah sebagai berikut:

- a. Kapal dilengkapi dengan pelampung sebanyak 20 buah, 10 buah dilambung kanan dan 10 buah dilambung kiri.
- b. Warnanya cerah dan mudah dilihat, harus mampu menahan di air tawar selama 24 jam.
- c. Diletakkan pada dinding dan kubu-kubu serta dilengkapi tali.
- d. Dilengkapi dengan lampu yang bisa menyala secara otomatis jika jatuh ke laut pada malam hari.
- e. Diletakkan ditempat yang mudah dilihat dan dijangkau.

❑ Baju Penolong (*Life Jacket*)

Adapun ketentuan-ketentuan yang digunakan untuk menentukan baju penolong adalah sebagai berikut:

- a. Setiap ABK dilengkapi dengan satu baju penolong.
- b. Baju penolong disimpan di tiap lemari dari ABK
- c. Life jacket harus mampu menahan dalam air tawar selama 24 jam, berat 7,5 kg besi.
- d. Jumlah baju penolong
 

= Jumlah ABK + 5%
= 15 + 1
= 16 buah

❑ Tanda- Tanda Bahaya dengan Sinyal atau Radio

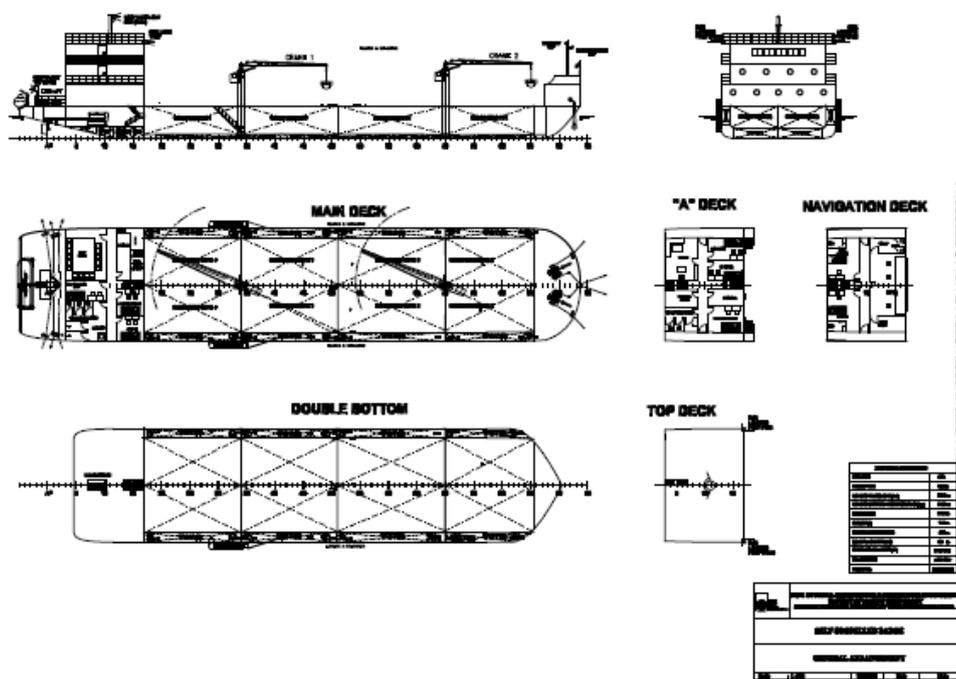
Kapal dilengkapi dengan tanda bahaya. Untuk menunjukkan tanda bahaya bisa menggunakan sinyal ataupun radio. Tanda bahaya yang berupa sinyal seperti:

- Lampu menyala
- Asap
- Roket
- Lampu sorot
- Cermin

❑ Alat Pemadam Kebakaran

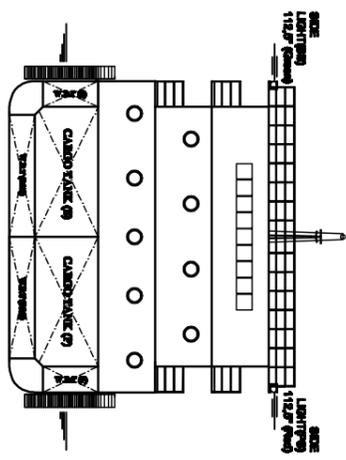
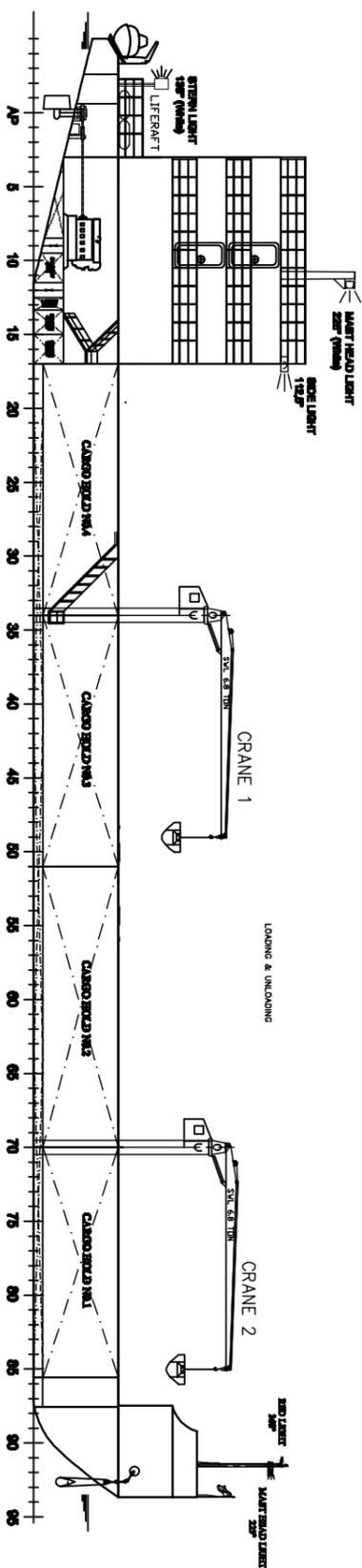
Alat pemadam kebakaran diletakkan di tempat-tempat yang memungkinkan terjadinya kebakaran, misalnya pada gang, kamar mesin ataupun dapur. Ada berbagai tipe, umumnya seperti yang ada di darat. Sistem pemadam kebakaran berupa foam. Sistem ini dibuat dalam tangki khusus foam dan pembuatannya dapat dilakukan di atas kapal. Selain itu terdapat juga sistem pemadam kebakaran berupa pompa air. Kecepatan dan tekanan pompa harus mampu mencapai deck teratas dan saluran selang terdapat pada tiap deck.

Berdasarkan perencanaan peletakan muatan, peletakan perlengkapan dan peralatan, pembagian sekat serta mempertimbangkan beberapa hal lainnya, maka didapatkan desain Rencana Umum akhir dari *Self-Propelled Barge* seperti tampak pada gambar 5.12 di bawah ini.



Gambar 5.18 Rencana Umum *Self-Propelled coal Barge*

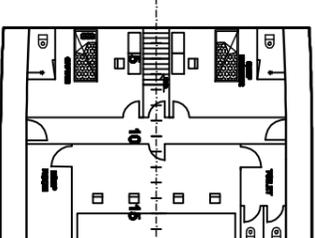
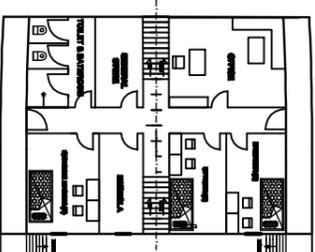
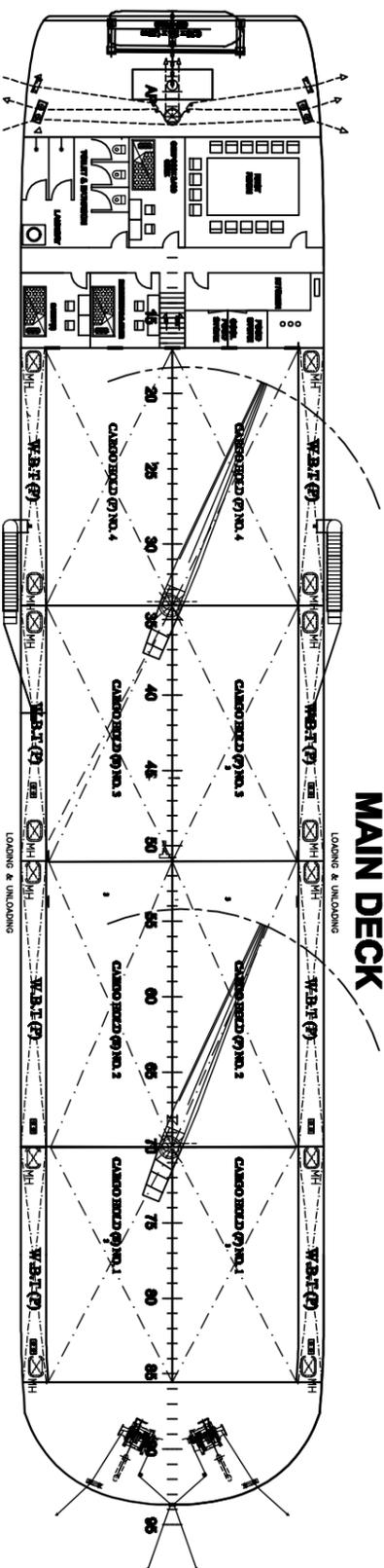
*“Halaman ini sengaja dikosongkan”*



MAIN DECK

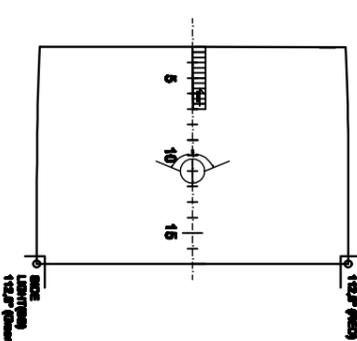
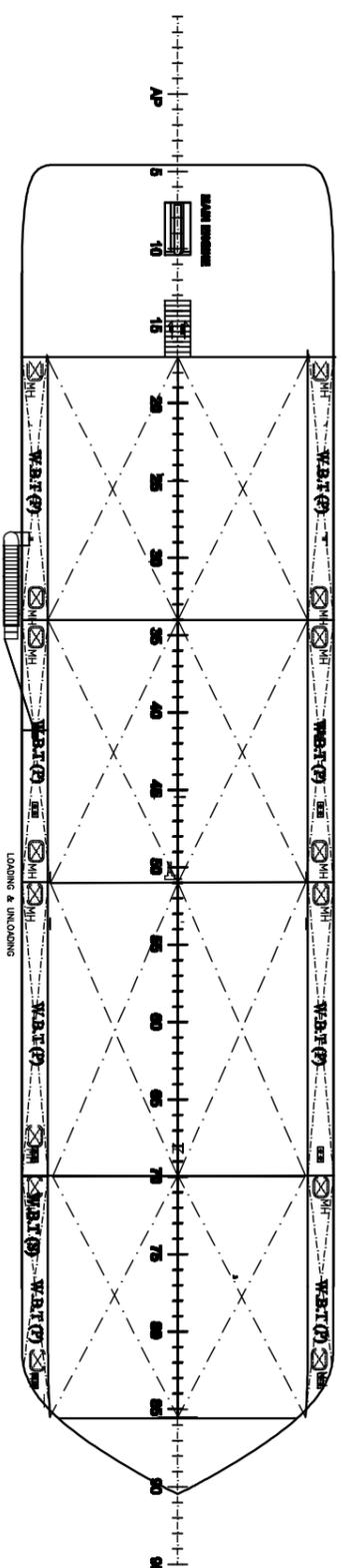
"A" DECK

NAVIGATION DECK



DOUBLE BOTTOM

TOP DECK



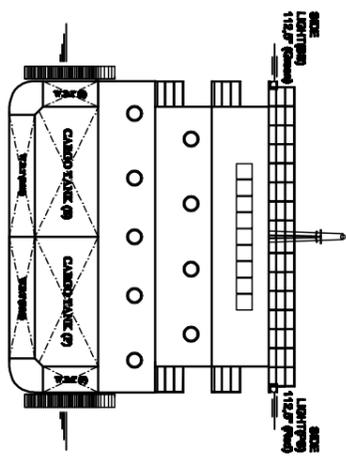
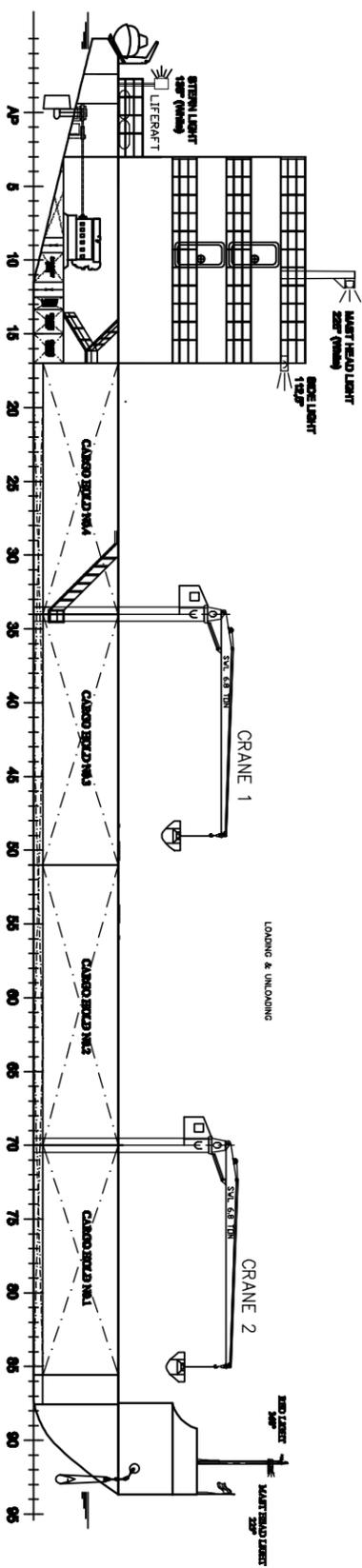
GENERAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	COG
CLASS TYPE	COG
LENGTH (OVERALL)	94.00 m
LENGTH (PERMANENT)	84.00 m
BREADTH (OVERALL)	18.00 m
BREADTH (PERMANENT)	7.40 m
DRAFT (OVERALL)	2.50 m
DRAFT (PERMANENT)	1.5 m
DISPLACEMENT (OVERALL)	1500000
DISPLACEMENT (PERMANENT)	2000000
REGISTRATION	123456789

DEPT. OF NAVAL ARCHITECTURE & STRUCTURAL ENGINEERING  
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
 SEVENTH FLOOR, INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOVA

SELF-PROPELLED BARGE

GENERAL ARRANGEMENT

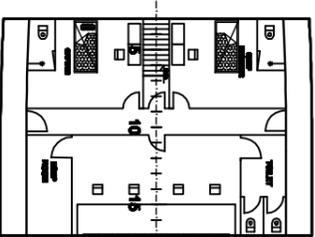
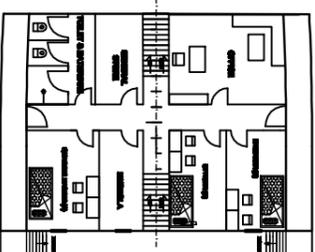
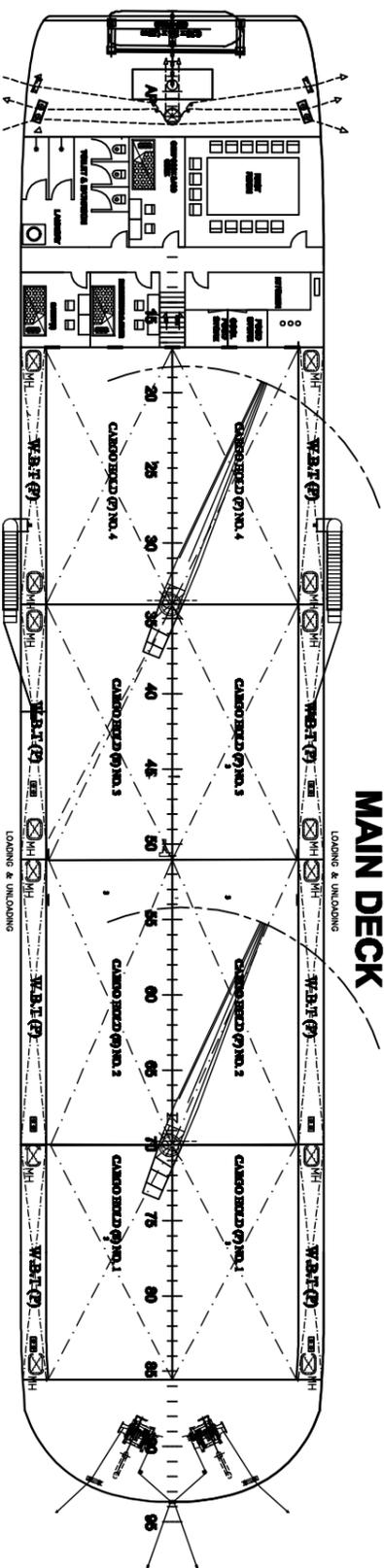
Revisi	Revisi	Revisi	Revisi
1	1:1:200	Signature	Date
2	1:1:200	Signature	Date
3	1:1:200	Signature	Date
4	1:1:200	Signature	Date



**MAIN DECK**

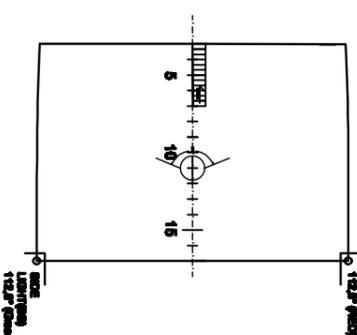
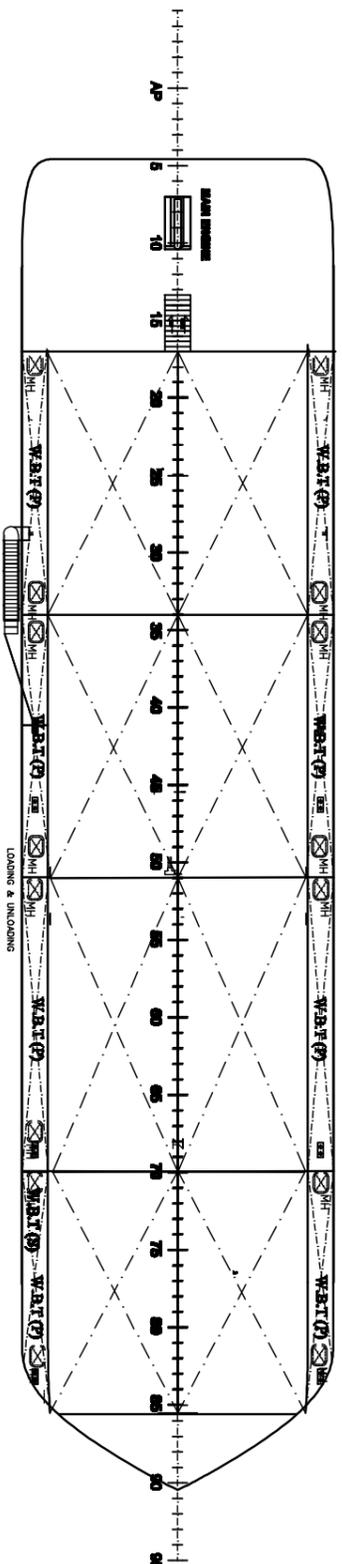
**"A" DECK**

**NAVIGATION DECK**



**DOUBLE BOTTOM**

**TOP DECK**



GENERAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	COAL
CLASS TYPE	6412A
DESIGN VOLUME (CUBIC M)	94000
DESIGN LENGTH (M)	180.0
DESIGN BREADTH (M)	24.0
DESIGN DRAUGHT (M)	3.5
DESIGN SPEED (KNOTS)	15.0
DESIGN SERVICE LIFE (YEARS)	20.0
DESIGN WEIGHT (TONNES)	12000

DEPT. OF NAVAL ARCHITECTURE & STRUCTURAL ENGINEERING  
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
 SEVENTH FLOOR, INSTITUTION OF TECHNOLOGY KERALA

SELF-PROPELLED BARGE

GENERAL ARRANGEMENT

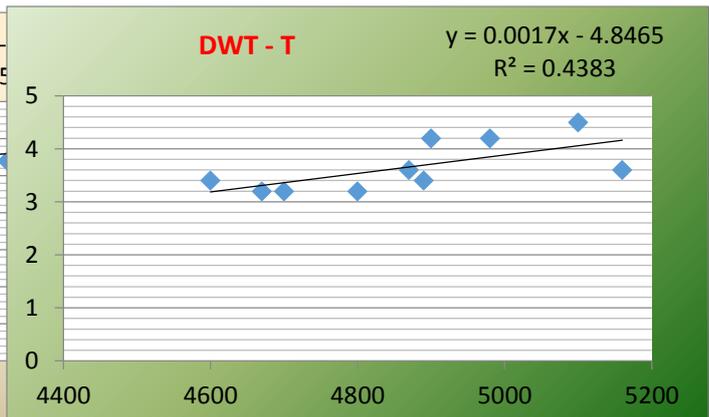
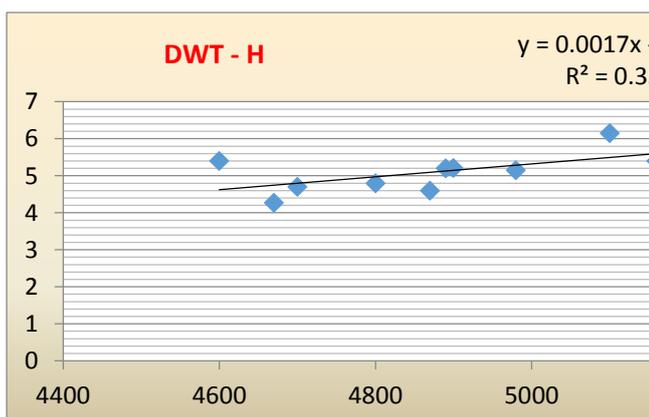
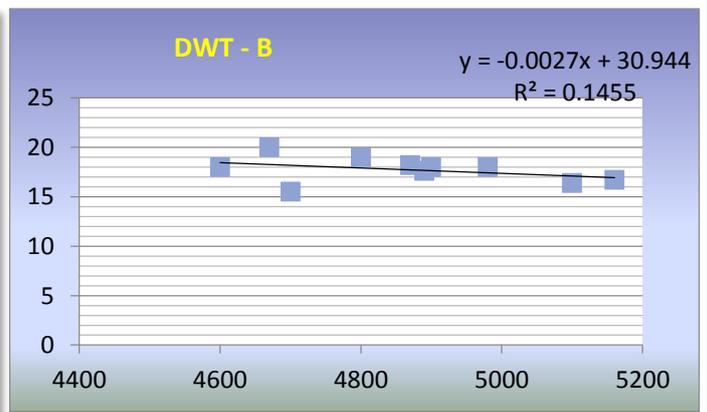
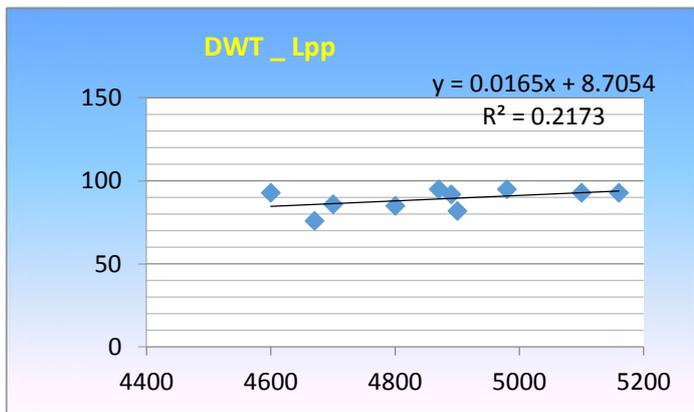
Scale	Signature	Date	Name
1:1:200			
Drawn By : Shrey Ash Paulson			
Approved By : Shrey Ash Paulson			
			MRP - 415000001

### Kapal Pemandang (Range : 20% ≤ DWT ≤ 30%)

No	Nama Kapal	DWT	Lpp	B	H	T
1	MINERVA	4700	86	15.5	4.7	3.2
2	SESHA	4670	76	20	4.27	3.2
3	GLORY 1	4980	95	18	5.15	4.2
4	GLORY 2	5100	93	16.4	6.15	4.5
5	STANTON	4890	92	17.6	5.2	3.4
6	ST.PETER	4870	95	18.2	4.6	3.6
7	TURKSAIL	5160	93	16.7	5.4	3.6
8	STAR 3	4900	82	18	5.21	4.2
9	INDIA	4800	85	19	4.8	3.2
10	XIE RUI	4600	93	18	5.4	3.4
MIN		4600	76	15.5	4.27	3.2
MAX		5160	95	20	6.15	4.5

**KETERANGAN :**

- X : harga payload
- y : harga LBP , B , H , T atau Vs yang akan dicari
- y = m X + b



UKURAN UTAMA DASAR			
NO	DATA	NILAI	UNITS
1	Lo	93.71	m
2	Bo	15.70	m
3	To	5.92	m
4	Ho	8.01	m
5	Vs	12.00	knot
6	Vs	6.17	m/s

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

Ket :

\* Data ukuran utama dasar diperoleh dari Regresi Kapal  
Pembanding

\* 1 knot = 0.5144 m/s

	Value	Unit
L	93.71	m
B	15.70	m
T	5.92	m
H	8.01	m
Vs	12.00	knot
Vs	6.17	m/s
Fn	0.204	
Cb	0.7730	
Cm	0.9917	
Cp	0.7794	
Cwp	0.8618	
LCB	1.621	%
LCB	1.52	m
LCB	45.34	m
V	6731.45	m <sup>3</sup>
Δ	6899.74	ton
LWL	97.46	m

## Resistance & Propulsion calculation

[ Holtrop & Mennen Method]

Input		
Lwl	97.46	
Fn	0.200	

Viscous resistance		
Rn	5.06E+08	angka reynold
C <sub>FO</sub>	0.00167	koefisien gesek ( ITTC 1957 )
Choice No.	3	
c	1	tipe stern
L <sub>R</sub> /L	0.2564	L <sub>R</sub> =lpp pada saat berjalan
L <sup>3</sup> /V	137.527854	
1+ k1	1.2676	

Resistance of appendages		
A <sub>BT</sub>	0.00	cross sectional area of bulb in FP
S	2193.01	wetted surface area
S <sub>app</sub>	64.33	total wetted surface of appendages
S <sub>tot</sub>	2257.33	S + S <sub>app</sub>
S <sub>rudder</sub>	9.71	
S <sub>bilge keel</sub>	54.62	
1 + k2	1.9245	k2 = effective form factor of appendages, see table at below :
1 + k	1.29	

Wave making resistance		
C <sub>4</sub>	0.1675	B/L
Ta	5.92	sarat moulded di AP
Tf	5.92	sarat moulded di FP
i <sub>E</sub>	33.16	half angle of entrance at the load waterline
C <sub>1</sub>	3.4507	
d	-0.9	
∇ <sup>1/3</sup> /L	0.1937	
C <sub>5</sub>	1.1803	
m <sub>1</sub>	-2.0606	
C <sub>6</sub>	-1.69385	
m <sub>2</sub>	-7.4E-04	
λ	0.9563	
A <sub>BT</sub>	0.00	cross sectional area of bulb in FP
γ <sub>B</sub>	0.00	effective bulb radius
h <sub>B</sub>	3.40	height of the centroid of the area A <sub>BT</sub> above base line
i	2.52	effective submergence of the bulb
C <sub>2</sub>	1	
A <sub>T</sub>	0	luasan transom pada saat berhanti
C3	1	
Rw / W	5.27E-04	

Total Resistance		
C <sub>A</sub>	0.0005	
W	67686451.62	[ N ]
R <sub>Total</sub>	153462.48	[ N ]
R <sub>Total</sub>	153.46	[ kN ]

Engine Power		
EHP(HP)	1288.83	
N	200	
η <sub>rG</sub>	0.98	
η <sub>s</sub>	0.98	
PC	0.65	
DHP	1993.90	Hp
BHP	2553.62	Hp
BHP	1878.21	Kw

Check Diameter	
N	200
D chek	3.14896
D max.	4.14470
Commen	ACCEPT

[ Adapted from : Watsila Engine ]

### Engine Data



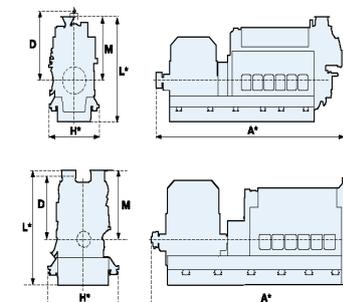
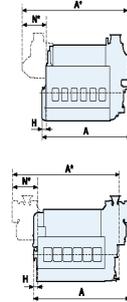
Main data	D-output	E-output
Cylinder bore	320 mm	320 mm
Piston stroke	350 mm	350 mm
Cylinder output	370, 375 kW/cyl	405, 410 kW/cyl
Speed	720, 750 rpm	720, 750 rpm
Mean effective pressure	21.3, 21.3 bar	24.0, 23.2 bar
Piston speed	8.4, 8.8 m/s	8.4, 8.8 m/s
Fuel specification:		
Fuel oil	730 cSt/50°C	SFOC 182-192 g/kWh
	7200 sR/1100°F	at ISO condition ± 5% tolerance
	ISO 8217, category ISO-F-PMK 55	

Rated power: Propulsion engines										
Engine type	720 rpm				750 rpm					
	D-output KW	BHP	E-output KW	BHP	D-output KW	BHP	E-output KW	BHP		
4R32LN	1480	2 010	1 620	2 200	1 500	2 040	1 640	2 220		
6R32LN	2 220	3 020	2 430	3 300	2 250	3 060	2 460	3 340		
8R32LN	2 960	4 020	3 240	4 400	3 000	4 080	3 280	4 460		
9R32LN	3 330	4 530	3 645	4 950	3 375	4 590	3 690	5 020		
12V32LN	4 440	6 040	4 860	6 610	4 500	6 120	4 920	6 660		
16V32LN	5 920	8 050	6 480	8 810	6 000	8 160	6 560	8 920		
18V32LN	6 660	9 060	7 290	9 910	6 750	9 170	7 380	10 090		

Principal engine dimensions (mm) and weights (tonnes)										
Engine type	A				B				D	
	A'	A	B'	B	C	D	E	F	H	Weight
4R32LN	4 788	3 945	2 259	2 259	1 981	2 550	600	1 135	225	1 350
6R32LN	5 919	5 083	2 413	2 345	1 993	2 550	600	1 135	225	1 350
8R32LN	6 612	6 113	2 712	2 712	2 034	2 550	600	1 135	225	1 350
9R32LN	6 941	6 603	2 806	2 736	2 034	2 550	600	1 135	225	1 350
12V32LN	9 520	9 045	3 271	2 571	2 310	2 550	600	1 150	225	1 600
16V32LN	11 518	10 960	3 851	2 851	2 585	2 550	600	1 150	225	1 600
18V32LN	13 070	12 420	4 431	3 431	2 585	2 550	600	1 150	225	1 600

\*Turbocharger at flywheel end. Weights with liquids (wet sump) but without flywheel.



30

31

Rated power: Propulsion engines

Engine type	720 rpm				750 rpm				Principal engine dimensions (mm) and weights (tonnes)											
	D-Out put		E-Out put		D-Out put		E-Out put		A'	A	B'	B	C	D	E	F	H	K	N'	Weight
	KW	BHP	KW	BHP	KW	BHP	KW	BHP												
4R32LN	1 480	2 010	1 620	2 200	1 500	2 040	1 640	2 230	4 788	3 945	2 259	2 259	1 981	2 550	600	1 135	225	1 350	1 312	20.3
6R32LN	2 220	3 020	2 430	3 300	2 250	3 060	2 460	3 340	5 919	5 083	2 413	2 345	1 993	2 550	600	1 135	225	1 350	1 340	29.2
8R32LN	2 960	4 020	3 240	4 400	3 000	4 080	3 280	4 460	6 612	6 113	2 712	2 712	2 034	2 550	600	1 135	225	1 350	1 053	40.5
9R32LN	3 330	4 530	3 645	4 950	3 375	4 590	3 690	5 020	6 941	6 603	2 806	2 736	2 034	2 550	600	1 135	225	1 350	1 031	44.4
12V32LN	4 440	6 040	4 860	6 610	4 500	6 120	4 920	6 690	6 323	5 686	2 571	2 571	2 310	2 330	600	1 150	225	1 600	1 475	42.5
16V32LN	5 920	8 050	6 480	8 810	6 000	8 160	6 560	8 920	7 518	6 860	2 851	2 851	2 585	2 330	600	1 150	225	1 600	1 545	58
18V32LN	6 660	9 060	7 290	9 910	6 750	9 170	7 380	10 030	8 070	7 420	2 881	2 881	2 585	2 330	600	1 150	225	1 600	1 545	61.4

\*Turbocharger at flywheel end. Weights with liquids (wet sump) but without flywheel.

Rated power: Auxiliary engines

Main data	
Voltage	0.4 – 13.8 kV
Alternator efficiency	0.95 – 0.97

Rated power: Generating sets								
Engine type	720 rpm/60 Hz				750 rpm/50 Hz			
	D-output		E-output		D-output		E-output	
	Engine kW	Gen. kW	Engine kW	Gen. kW	Engine kW	Gen. kW	Engine kW	Gen. kW
4R32LN	1 480	1 420	1 620	1 500	1 440	1 440	1 640	1 570
6R32LN	2 220	2 130	2 430	2 250	2 160	2 160	2 460	2 360
8R32LN	2 960	2 840	3 240	3 110	3 000	2 880	3 280	3 150
9R32LN	3 330	3 200	3 645	3 500	3 375	3 240	3 690	3 540
12V32LN	4 440	4 200	4 860	4 670	4 500	4 320	4 920	4 720
16V32LN	5 920	5 680	6 480	6 220	6 000	5 760	6 560	6 300
18V32LN	6 660	6 390	7 290	7 000	6 750	6 480	7 390	7 090

Principal genset dimensions (mm) and weights (tonnes)						
Engine type	A'	H'	D	L'	M	Weight ton'
4R32LN	6 833	2 140	2 550	3 809	2 259	36.0
6R32LN	8 002	2 250	2 550	3 898	2 345	49.0
8R32LN	10 479	2 690	2 550	4 442	2 712	67.0
9R32LN	10 628	2 860	2 550	4 466	2 736	75.0
12V32LN	10 041	3 050	2 330	4 301	2 571	82.0
16V32LN	10 893	3 060	2 330	4 581	2 851	100.0
18V32LN	11 695	3 050	2 330	4 611	2 881	105.0

Gen. output based on generator efficiency of 96%. For definitions see page 43.



## Perhitungan kapasitas ruang muat [ Hold Capacity ]

[ Referensi : Lecture of Ship Design and Ship Theory : Heraldi Poehlis ]

Ukuran utama		
<b>Lpp</b>	93.71	m
<b>Lwl</b>	97.46	m
<b>B</b>	15.70	m
<b>H</b>	8.01	m
<b>T</b>	5.92	m
<b>Cb</b>	0.7730	

Perhitungan			
Camber	<b>C</b>	0.000	Tinggi chamber
	<b>Cm</b>	0.000	mean chamber
Sheer	<b>Sa</b>	0.0000	tinggi sheer pada AP
	<b>Sf</b>	0.0000	tinggi sheer pada FP
	<b>Sm</b>	0.00000	mean sheer
<b>D'</b>		8.008	capacity depth
Cb Deck	<b>Section</b>	<b>U section</b>	
	<b>c</b>	0.3	
	<b>Cb deck</b>	0.797	
<b>Vh</b>		10559.09	total volume kapal di bawah upper deck dan diantara perpendicular
<b>Vu</b>		185.32	cargo capacity yang tersedia di atas upper deck seperti hatch
<b>s</b>		0.02	
Kamar Mesin	<b>Lkm</b>	17.92	panjang kamar mesin
	<b>lebar</b>	7.85	Lebar kamar mesin
	<b>tinggi</b>	8.01	tinggi kamar mesin
	<b>Vkm</b>	1125.89	panjang x lebar x tinggi
Ceruk Buritan	<b>Lcb</b>	3	panjang ceruk buritan
	<b>lebar</b>	7.85	lebar ceruk buritan
	<b>tinggi</b>	8.01	tinggi ceruk buritan
	<b>Vcb</b>	94.26	volume ceruk buritan
Ceruk Haluan	<b>Lch</b>	4.39	panjang ceruk haluan
	<b>lebar</b>	7.85	lebar ceruk haluan
	<b>tinggi</b>	8.01	tinggi ceruk haluan
	<b>Vch</b>	110.25	volume ceruk haluan
<b>Vm</b>		1330.40	volume yang dibutuhkan untuk ruang mesin , tangki – tangki, dan lain – lainnya yang termasuk dalam Vh
<b>Vr</b>		5421.00	Volume Ruang Muat

Koreksi			Ket :
Double Bottom	<b>L<sub>rm</sub></b>	72.16	panjang ruang muat
	<b>lebar</b>	15.70	
	<b>h</b>	0.02	
	<b>V<sub>db</sub></b>	17.78	volume double bottom
Top Side Tank	<b>b</b>	3.92	$((B - \text{hatch width}) / 2) - 0.9$
	<b>A<sub>TST</sub></b>	1.95	Cross sectional area
	<b>V<sub>TST</sub></b>	281.9958	volume top side tank
Hopper Side Tank	<b>w</b>	6.53	Hatch width / 2 + overlap
	<b>A<sub>HST</sub></b>	0.73	Cross sectional area
	<b>V<sub>HST</sub></b>	52.44	Volume hopper side tank
<b>V<sub>r'</sub></b>		5068.79	Volume ruang muat setelah dikoreksi

Consumable and Crew Calculation

[ Referensi : Chapter 11 Parametric Design : Michael G. Parsons  
Lecture of Ship Design and Ship Theory : Herald Poehls ]

Input			Consumable				
		Ket :			Ket :		
<b>L</b>	93.71	Lpp	Jumlah Crew	<b>C<sub>st</sub></b>	1.2	koefisien steward departement	
<b>B</b>	15.70	Lebar moulded		<b>C<sub>dk</sub></b>	11.5	koefisien deck departement	
<b>T</b>	5.92	sarat		<b>C<sub>eng</sub></b>	8.5	koefisien engine departement	
<b>H</b>	8.01	tinggi moulded		<b>cadet</b>	2	jumlah kadet	
<b>Vs</b>	12.00	kecepatan dinas		<b>Z<sub>c</sub></b>	22	jumlah crew	
<b>S</b>	1258	jarak pelayaran	Berat Crew	<b>C<sub>C&amp;E</sub></b>	0.17	Berat crew & luggage	
<b>P<sub>B</sub></b>	1878.21	BHP		<b>W<sub>C&amp;E II</sub></b>	600		
<b>BHP</b>	2553.62	Break horse power		<b>W<sub>C&amp;E III</sub></b>	225		
Dimensi Ruang akomodasi				<b>W<sub>C&amp;E IV</sub></b>	225		
	<b>L<sub>m</sub></b>	72.16	Fuel Oil	<b>W<sub>C&amp;E</sub></b>	3.70	Specific Fuel Rate	
	<b>L<sub>ch</sub></b>	4.39		<b>SFR</b>	0.000190		
Layer II	<b>h II</b>	2.5		<b>MCR</b>	1878.21		Mc <sub>r</sub>
	<b>Ld II</b>	21.60		<b>Margin</b>	10%		Margin
Layer III	<b>h III</b>	2.5	Diesel Oil	<b>W<sub>FO</sub></b>	41.15	Berat fuel oils	
	<b>Ld III</b>	15.00		<b>V<sub>FO</sub></b>	45.05	volume fuel oils	
Layer IV	<b>h IV</b>	2.5		<b>C<sub>DO</sub></b>	0.15	Coefisien diesel oil	
	<b>Ld IV</b>	12.60	Lubrication Oil	<b>W<sub>DO</sub></b>	6.17	berat diesel oil	
				<b>V<sub>DO</sub></b>	7.55	volume diesel oil	
			Fresh Water	<b>W<sub>LO</sub></b>	20	berat lubrication oil	
				<b>V<sub>LO</sub></b>	23.11	Volume Lubrication oil	
				<b>C<sub>w1</sub></b>	0.17	Koefisien pemakaian air tawar	
				<b>C<sub>w2</sub></b>	5	Koefisien pemakaian air tawar	
				<b>W<sub>FW1</sub></b>	16.15	Untuk Crew	
			<b>W<sub>FW2</sub></b>	12.77	Untuk Pendingin		
			<b>W<sub>FW Total</sub></b>	28.92	Berat total		
			<b>V<sub>FW</sub></b>	30.07	Volume Tangki		
			Provision and store	<b>C<sub>p</sub></b>	0.01	koefisien Provision & store	
				<b>W<sub>PR</sub></b>	0.95	Berat Provision & Store	

<b>Titik berat air tawar</b>			<b>Titik berat lubrication oil</b>		
Dimensi tangki	<b>t<sub>FW</sub></b>	2.09	Dimensi tangki	<b>t<sub>LO</sub> = h<sub>db</sub></b>	1.06
	<b>l<sub>FW</sub></b>	10.20		<b>l<sub>LO</sub></b>	7.85
	<b>p<sub>FW</sub></b>	1.41		<b>p<sub>LO</sub></b>	2.79
Titik Berat	<b>KG<sub>FW</sub></b>	9.05	Titik Berat	<b>KG<sub>LO</sub></b>	0.53
	<b>LCG<sub>FW</sub></b>	94.42		<b>LCG<sub>LO</sub></b>	75.15
<b>Titik Berat Crew</b>			<b>Titik berat diesel oil</b>		
KG	<b>KG I</b>	7.17	Dimensi tangki	<b>t<sub>DO</sub> = h<sub>db</sub></b>	1.06
	<b>KG II</b>	9.67		<b>l<sub>DO</sub></b>	10.20
	<b>KG III</b>	12.17		<b>p<sub>DO</sub></b>	0.70
LCG	<b>LCG I</b>	87.35	Titik Berat	<b>KG<sub>DO</sub></b>	0.53
	<b>LCG II</b>	84.05		<b>LCG<sub>DO</sub></b>	72.66
	<b>LCG III</b>	82.85	<b>Titik berat fuel oil</b>		
Titik berat	<b>KG</b>	8.78	Dimensi tangki	<b>t<sub>FO</sub> = h<sub>db</sub></b>	1.06
	<b>LCG</b>	85.67		<b>l<sub>FO</sub></b>	10.20
				<b>p<sub>FO</sub></b>	4.18
			Titik Berat	<b>KG<sub>FO</sub></b>	0.53
				<b>LCG<sub>FO</sub></b>	69.47
			<b>Titik Berat Consumable</b>		
			<b>KG</b>	<b>LCG</b>	
			3.517	83.80	

## **Tonnage Measurement**

[ According to : International Convention Tonnage Measurement 1969 ]

Input Data	
D	8.01
d	5.92
V <sub>FC</sub>	183.85
V <sub>DH</sub>	1702.79
Δ	6899.74
Z <sub>C</sub>	22
N <sub>1</sub>	2
N <sub>2</sub>	20

Gross Tonnage	
V <sub>U</sub>	10871.18
V <sub>H</sub>	1886.65
V	12757.83
K <sub>1</sub>	0.2821
GT	3599.18

## Batasan Stabilitas Menurut IMO Regulation A. 749 (18)

e [ m . rad ]		Kriteria	Harga	Kondisi
30°		$e_{0.30} \geq 0.055$	0.5494	Accepted
40°		$e_{0.40} \geq 0.09$	0.7260	Accepted
30° - 40°		$e_{30,40} \geq 0.03$	0.1766	Accepted
GZ 30o		$h_{30} \geq 0.2$	3.768	Accepted
$\theta_{max}$ [ Xo ]		$\phi_{max} \geq 25^\circ$	40.58	Accepted
GM0 [ feet ]		$GM_0 \geq 0.15$	20.25	Accepted
GM0 [ m ]		Status	6.17	OK

## Freeboard caculation

[ Referensi : International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988 ]

Input Data		Type kapal	B	Type B
L	93.71	Freeboard standard	Fb	1135.00
B	15.70	L < 100 m	+Fb <sub>1</sub>	yes
D	8.01	Block Coefficient	+Fb <sub>2</sub>	1241.99
Cb	d <sub>1</sub>	Depth	R	195.24
	Δ T		+Fb <sub>3</sub>	343.71
	Cb	Forecastle	$l_{FC}$	9.37
S	$l_{sFC}$		hs <sub>FC</sub>	1.99
	$l_{FC}$		h	2.50
	S		$l_{sFC}$	9.37
	$l_{sFC} [ x . L ]$		Status	No Reduced
Effectif Length S.structure		Effectif Length S.structure	E	9.37
			E [ x.L ]	0.10
			-%Fb	15%
			-Fb <sub>4</sub>	-170
Sheer Standart		Sheer Standart	Sa	0.0000
			Sf	0.0000
			+Fb <sub>6</sub>	No Correction
Total Freeboard		Total Freeboard	Fb' [ mm ]	1415.45
			Fb' [ m ]	1.42
Minimum Bow Height		Minimum Bow Height	Bwm [ mm ]	3896.98
			Bwm [ m ]	3.90
Actual Freeboard		Actual Freeboard	Fba	2.09
Kondisi		Kondisi	( Fba - Fb' )	Accepted
Minimum Bow Height		Minimum Bow Height	Fba + Sf + h <sub>FC</sub>	4.59
		Kondisi		Accepted

## Rekapitulasi Hasil

Ukuran Utama		Perhitungan		Batasan	
LWL	97.46	LWT	1502.97	Hukum Fisika	Accepted
LPP	93.71	Power	1878.21	Ruang Muat	Accepted
B	15.70	Crew	22	Freeboard	Accepted
T	5.92	Fuel Consumption	41.15	TRIM	Accepted
H	8.01	Hold Capacity	5068.79	Stabilitas	OK
Vs	12.00	Gross Tonnage	3599.18	Period [ s ]	4.98
Cb	0.773	Net Tonnage	1357.05	[ US \$ ]	\$11,805,149.77
D	3.85			Status	Successful

## BAB VI

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 6.1. Kesimpulan

1. Dari hasil perhitungan, didapat *payload Self-Propelled Barge* sebesar 5000 ton.
2. Pelayaran dengan SPCB ini memakan waktu 2 hari, dan diperlukan 4 kapal untuk mensuplai kebutuhan batu bara tiap minggu.
3. Jenis alat bongkar muat adalah *crane grab*, dengan jumlah 2 *crane grab* yang masing-masing berkapasitas 6,8 ton dan memerlukan waktu sekitar 6,7 jam untuk melakukan bongkar muat di pelabuhan.
4. Dari hasil perhitungan dan analisis, didapat ukuran utama *self-propelled barge* :
  - Lpp : 93,371 m
  - B : 15.695 m
  - H : 8.008 m
  - T : 5.921 m

Dengan fungsi obyektif biaya pembangunan kapal sebesar 12,916,423.399 US \$ atau setara dengan 36,746,934,829.379 Rupiah.

Dari kondisi muatan yang diberikan, diketahui bahwa SPCB tersebut memenuhi persyaratan teknis dari pembangunan sebuah kapal yaitu batasan *trim*, *freeboard*, displasemen, dan stabilitas.

5. Rencana Garis dan Rencana Umum dapat dilihat pada Lampiran A dan B

#### 6.2. Saran

Mengingat masih banyaknya perhitungan yang dilakukan dengan pendekatan estimasi sederhana, maka agar lebih sempurna disarankan untuk memperhatikan beberapa proses perencanaan mengenai :

1. Perlu dibuat beberapa skenario tambahan dalam menentukan *payload* supaya didapatkan *payload* yang jauh lebih efektif.
2. Perencanaan sistem bongkar muat untuk direncanakan dengan lebih detail. Sehingga diketahui lamanya bongkar muat yang mempengaruhi waktu tempuh perjalanan.

3. Perlu dilakukan kajian serta perancangan *Self-Propelled coal Barge* untuk melayani pelabuhan-pelabuhan yang terletak di pulau yang minim fasilitas bongkar muat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Dedik E, W. (2012). *Perencanaan self propelled coal barge untuk daerah pelayaran jawa - kalimantan*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS, Surabaya, 2012.
- Evans, J.H. (1959). *Basic Design Concept*. Naval Engineers Journal, vol 71.
- Mulya, Harryadi, *Analisa Teknis dan Ekonomis Pembangunan Self-Propelled Barge Batubara Dari Sumatera Selatan Untuk Menunjang Operasi PLTU Suralaya*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS, Surabaya, 2007.
- Pangestu, L. (2012). *Perhitungan Kapasitas Total Daya Pada Sistem Loading Facility*. JURNAL TEKNIK POMITS Vol 1, no 3 (2012) ISSN 2241-9271,
- Setijoprojudo. 1999. *Ship Design Economics*. Surabaya.
- Wicaksana, A.P, *Desain Konseptual Kapal Desalinasi untuk Wilayah Kepulauan*, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS, Surabaya 2012.

## BIODATA PENULIS



**Suryo Adi Prakoso**, lahir di Sidoarjo, Jawa Timur 24 februari 1992. Anak pertama dari tiga bersaudara. Setelah menamatkan pendidikan SD Negeri Punggul 1, kemudian melanjutkan pendidikan ke SMP Negeri 2 Sidoarjo dan penulis menamatkan pendidikan SMA Negeri 1 Gedangan pada tahun 2010. Selanjutnya penulis diterima menjadi mahasiswa Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS melalui program Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif di organisasi intra dan ekstra kampus. Di awal kuliah, penulis aktif di kegiatan SAMPAN ITS, dan tercatat sebagai ketua Mahkamah Mahasiswa ITS. Di ekstra kampus penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Islam. Selain itu penulis juga aktif di forum-forum komunikasi ilmiah. Aktivis HMI ini sangat menggemari bermain bulu tangkis dan taekwondo.

e-mail : [prakorso.suryo@gmail.com](mailto:prakorso.suryo@gmail.com)