



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN CNG *CARRIER* DARI GRESIK KE LOMBOK UNTUK
MENDUKUNG PROGRAM PEMBANGKIT LISTRIK 35000
MW**

**Made Dwi Ary Arjana Tusan
NRP 4113100047**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN CNG *CARRIER* DARI GRESIK KE LOMBOK UNTUK
MENDUKUNG PROGRAM PEMBANGKIT LISTRIK 35000
MW**

**Made Dwi Ary Arjana Tusan
NRP 4113100047**

**Dosen Pembimbing
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF CNG CARRIER FROM GRESIK TO LOMBOK
TO SUPPORT 35000 MW POWER PLANT PROGRAM**

**Made Dwi Ary Arjana Tusan
NRP 4113100047**

**Supervisor
Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN CNG *CARRIER* DARI GRESIK KE LOMBOK UNTUK MENDUKUNG PROGRAM PEMBANGKIT LISTRIK 35000

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Made Dwi Ary Arjana Tusan
NRP 4113100047

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 18 JULI 2017

LEMBAR REVISI

DESAIN CNG *CARRIER* DARI GRESIK KE LOMBOK UNTUK MENDUKUNG PROGRAM PEMBANGKIT LISTRIK 35000

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 5 Juli 2017

Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Made Dwi Ary Arjana Tusan
NRP 4113100047

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.


.....

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

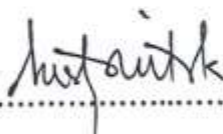

.....

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


.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.


.....

SURABAYA, 18 JULI 2017

Dipersembahkan untuk Ibu, Bapak, Kakak dan Adik Penulis

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir “**Desain CNG Carrier dari Gresik ke Lombok Untuk Mendukung Program Pembangkit Listrik 35000 MW**” dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan ITS;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Almarhum Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc, Ph.D selaku Dosen Wali pertama;
5. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. selaku Dosen Wali kedua;
6. Danu Utama, S.T., M.T. yang sudah memberikan masukan-masukan pada pembuatan Tugas Akhir ini;
7. Keluarga Penulis, Ibu Ketut Suryani, Bapak Nyoman Suarjana, Kakak Gede Surya Arjana Tusan dan Adik Komang Try Artha Utama Tusan, yang telah menjadi motivator penulis untuk meraih masa depan;
8. Pepe, Sena, Bayu, Artha, Titin, Kevin, Arie, Indra, dan Mas Suto selaku teman-teman seperjuangan bimbingan Tugas Akhir;
9. Teman-teman kontrakan dan teman-teman P-53 semua yang selalu memberikan dukungan semangat;
10. Dan semua pihak yang telah membantu menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

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

Surabaya, 18 Juli 2017

Made Dwi Ary Arjana Tusan

DESAIN CNG CARRIER DARI GRESIK KE LOMBOK UNTUK MENDUKUNG PROGRAM PEMBANGKIT LISTRIK 35000

Nama Mahasiswa : Made Dwi Ary Arjana Tusan
NRP : 4113100047
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRAK

PLTGU Lombok *Peaker* merupakan pembangkit listrik tenaga gas dan uap yang menggunakan *Compressed Natural Gas* (CNG) sebagai bahan bakar. Di daerah Lombok tidak ada pasokan CNG untuk mendukung kebutuhan PLTGU tersebut, namun dengan adanya pembangunan CNG *Plant* di Gresik akan membantu dalam pasokan gas ke Lombok. Tugas Akhir ini bermaksud memberikan solusi untuk menciptakan sarana distribusi gas alam seperti CNG sebagai bahan bakar pembangkit listrik khususnya di Lombok. *Payload* dari CNG *carrier* ini merupakan kebutuhan CNG yang digunakan sebagai bahan bakar PLTGU Lombok *Peaker* beserta tabung dan kontainernya. Ukuran utama kapal ditentukan berdasarkan penempatan tabung dan kontainer pada kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, *freeboard*, *trim* dan stabilitas. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L_{pp} = 81.8$ m; $B = 14.7$ m; $H = 8$ m; $T = 5$ m. Tinggi *freeboard* minimum sebesar 1074 mm, besarnya tonase kotor kapal adalah 2250 GT, dan kondisi stabilitas CNG *carrier* memenuhi kriteria *Intact Stability (IS) Code Reg. III/3.1*. Biaya pembangunan sebesar Rp51,298,798,739 dan biaya operasional sebesar Rp 26,888,561,985.

Kata kunci: CNG, CNG *carrier*, Gresik - Lombok.

DESIGN OF CNG CARRIER FROM GRESIK TO LOMBOK TO SUPPORT 35000 MW POWER PLANT PROGRAM

Author : Made Dwi Ary Arjana Tusan
ID No. : 4113100047
Dept. / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

ABSTRACT

PLTGU Lombok Peaker is a gas and steam power plant that uses Compressed Natural Gas (CNG) as fuel. In Lombok there is no supply of CNG to support needs of the PLTGU, but with the construction of CNG Plant in Gresik the supply of gas to Lombok will be fulfilled. This Final Project intends to provide solutions to create natural gas distribution facilities such as CNG as fuel for power plant especially in Lombok. Payload of CNG carrier is a requirement of CNG which is used as fuel of PLTGU Lombok Peaker along with tube and container. The main ship size is determined based on the placement of tubes and containers on the ship. After that is done technical calculation in the form of weight, freeboard, trim and stability. The main size obtained is $L_{pp} = 81.8$ m; $B = 14.7$ m; $H = 8$ m; $T = 5$ m. The minimum freeboard height is 1074 mm, the gross tonnage is 2250 GT, and the CNG carrier stability condition has passed the criteria of Intact Stability (IS) Code Reg. III / 3.1. The building cost is Rp51,298,798,739 and operational cost is Rp 26,888,561,985.

Keywords: CNG, CNG carrier, Gresik - Lombok.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR REVISI.....	Error! Bookmark not defined.
HALAMAN PERUNTUKAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan	2
I.4. Batasan Masalah	2
I.5. Manfaat	2
I.6. Hipotesis	3
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Dasar Teori	5
II.1.1. Pembuatan Tabung CNG	5
II.1.2. Tipe-Tipe Tabung CNG	6
II.1.3. Transportasi CNG	8
II.1.4. Klasifikasi Muatan Berbahaya	10
II.1.5. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal Awal.....	11
II.1.6. Perhitungan Koefisien	11
II.1.7. Perhitungan Hambatan	16
II.1.8. Perhitungan Propulsi Kapal.....	17
II.1.9. Perhitungan LWT	18
II.1.10. Perhitungan DWT	19
II.1.11. Perhitungan Ruang Muat.....	21
II.1.12. Perhitungan <i>Freeboard</i>	22
II.1.13. Perhitungan Stabilitas.....	24
II.1.14. Perhitungan Trim.....	31
II.1.15. Tonase Kapal.....	31
II.2. Tinjauan Pustaka.....	32
II.2.1. Potensi Gas Alam Indonesia	32
II.2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap.....	33
II.2.3. Tahapan Dalam Desain Kapal.....	34
II.2.4. Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>).....	35
II.2.5. Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>)	35
II.2.6. Biaya Pembangunan dan Operasional Kapal	35
II.3. Tinjauan Wilayah.....	36

II.3.1. Pelabuhan Gresik.....	36
II.3.2. Pelabuhan Lembar Lombok	37
Bab III METODOLOGI.....	39
III.1. Diagram Alir	39
III.2. Tahap Pengerjaan.....	40
III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah	40
III.2.2. Tahap Studi Literatur	40
III.2.3. Tahap Pengumpulan Data	41
III.2.4. Tahap Pengolahan Data.....	41
III.2.5. Tahap Perencanaan.....	41
III.2.6. Perhitungan Biaya	42
III.2.7. Kesimpulan dan Saran.....	42
Bab IV ANALISIS TEKNIS	43
IV.1. Umum	43
IV.2. Penentuan <i>Payload</i>	43
IV.2.1. Penentuan Jumlah Muatan CNG	43
IV.2.2. Perencanaan Muatan	44
IV.3. Penentuan Ukuran Utama	45
IV.4. Perhitungan Teknis	47
IV.4.1. Perhitungan Koefisien	47
IV.4.2. Perhitungan Hambatan dan Propulsi	48
IV.4.3. Perhitungan LWT dan DWT	49
IV.4.4. Perhitungan Titik Berat Kapal.....	50
IV.4.5. Perhitungan <i>Tonnage</i>	51
IV.4.6. Perhitungan Trim.....	53
IV.4.7. Perhitungan <i>Freeboard</i>	54
IV.4.8. Perhitungan Stabilitas.....	57
IV.5. Pembuatan <i>Lines Plan</i>	58
IV.6. Pembuatan <i>General Arrangement</i>	63
IV.6.1. Penentuan Posisi Sekat.....	63
IV.6.2. Ruang Akomodasi	63
IV.6.3. Penentuan Tanki-Tanki	64
IV.6.4. <i>Profile View</i>	64
IV.6.5. Bangunan Atas (Superstructure) dan Rumah Geladak (<i>Deck House</i>).....	64
IV.6.6. Geladak Utama (<i>Main Deck</i>) dan Geladak Kedua (<i>Tween Deck</i>).....	65
IV.6.7. <i>Double Bottom</i>	65
IV.7. Pemeriksaan <i>Navigation Bridge Visibility</i>	66
IV.8. Pemodelan 3 Dimensi	67
Bab V ANALISIS EKONOMIS.....	71
V.1. Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal.....	71
V.2. Perhitungan Biaya Operasional Kapal.....	74
Bab VI KESIMPULAN DAN SARAN	77
VI.1. Kesimpulan	77
VI.2. Saran	77
DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN-LAMPIRAN	
LAMPIRAN A PERHITUNGAN TEKNIS	
LAMPIRAN B <i>LINES PLAN CNG CARRIER</i>	
LAMPIRAN C <i>GENERAL ARRANGEMENT CNG CARRIER</i>	

LAMPIRAN D 3D MODEL CNG *CARRIER*
LAMPIRAN E BERITA-BERITA PENDUKUNG
BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Tabung CNG Tipe 1.....	6
Gambar II.2 Tabung CNG Tipe 2.....	7
Gambar II.3 Tabung CNG Tipe 3.....	8
Gambar II.4 Tabung CNG Tipe 4.....	8
Gambar II.5 VOTRANS CNG	10
Gambar II.6 Ilustrasi Menentukan Nilai C_B	12
Gambar II.7 Ilustrasi Menentukan Nilai C_M	12
Gambar II.8 Ilustrasi Menentukan Nilai C_P	13
Gambar II.9 Ilustrasi Menentukan Nilai C_{WP}	13
Gambar II.10 Daya Yang Bekerja Pada Kapal.....	17
Gambar II.11 Sketsa Momen Penegak atau Pengembali.....	26
Gambar II.12 Kondisi Stabilitas Positif.....	27
Gambar II.13 Kondisi Stabilitas Netral	28
Gambar II.14 Kondisi Stabilitas Negatif	28
Gambar II.15 Cadangan Gas Alam di Indonesia	33
Gambar II.16 Fasilitas <i>Crane</i>	37
Gambar II.17 Rute Pelayaran Gresik - Lombok.....	38
Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	39
Gambar IV.1 Kontainer dan Tabung CNG.....	44
Gambar IV.2 <i>Layout</i> Awal Kapal.....	46
Gambar IV.3 <i>Size Surface</i>	59
Gambar IV.4 <i>Frame of Reference</i>	59
Gambar IV.5 <i>Grid Spacing</i>	60
Gambar IV.6 Data Hidrostatik.....	61
Gambar IV.7 <i>Data Export</i>	62
Gambar IV.8 <i>Lines Plan</i> CNG Carrier	62
Gambar IV.9 <i>Side Elevation</i> Rencana Umum.....	64
Gambar IV.10 Rencana Umum Bangunan Atas dan Rumah Geladak	64
Gambar IV.11 Rencana Umum Geladak Utama dan Geladak Kedua.....	65
Gambar IV.12 Rencana Umum <i>Double Bottom</i>	66
Gambar IV.13 Aturan <i>Navigation Bridge Visibility</i>	66
Gambar IV.14 Pandangan dari posisi navigasi kapal ke arah depan.....	67
Gambar IV.15 Pemodelan 3D pada <i>Maxsurf</i>	67
Gambar IV.16 Kontainer dan Tabung CNG.....	68
Gambar IV.17 Rumah Geladak dan Peralatannya.....	68
Gambar IV.18 CNG Carrier Tampak Samping	69
Gambar IV.19 Ruang Muat Tanpa Ambang Palkah.....	69
Gambar V.1 Harga pelat baja per ton	71

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Parameter Ukuran Utama Kapal Terhadap Pengaruh Performance Kapal.....	11
Tabel II.2 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B	23
Tabel II.3 Dermaga di Pelabuhan Gresik	37
Tabel II.4 Dermaga di Pelabuhan Lembar.....	38
Tabel IV.1 Waktu Bongkar Muat	43
Tabel IV.2 Perhitungan <i>Payload</i>	45
Tabel IV.3 Rekap Perhitungan Hambatan dan Propulsi.....	49
Tabel IV.4 Pemilihan Mesin Induk	49
Tabel IV.5 Hasil Perhitungan LWT dan DWT.....	50
Tabel IV.6 Rekapitulasi Titik Berat LWT.....	51
Tabel IV.7 Rekapitulasi Batasan Trim	53
Tabel IV.8 Rekapitulasi <i>Freeboard</i>	57
Tabel IV.9 Rekapitulasi Stabilitas Kapal	58
Tabel V.1 Tabel Estimasi Biaya Pembangunan Kapal Baru	72
Tabel V.2 Rincian Biaya Operasional Kapal.....	74
Tabel V.3 Rincian Gaji Komplemen	75
Tabel V.4 Kebutuhan MFO dan MDO	76
Tabel V.5 Total Biaya Operasional	76

DAFTAR SIMBOL

C_B	= Koefisien Blok
C_M	= Koefisien Gading Besar
C_P	= Koefisien Prismatic
C_{WP}	= Koefisien Garis Air
L_{wl}	= <i>Length of Waterline</i> (m)
L_{pp}	= <i>Length between Perpendiculars</i> (m)
B	= Lebar Kapal (m)
T	= Sarat Kapal (m)
∇	= Volume Displasemen Kapal (m^3)
LCB	= <i>Longitudinal Center of Bouyancy</i> (m)
F_r	= <i>Froude Number</i>
V_s	= Kecepatan Kapal (m/s)
g	= Percepatan Gravitasi (m/s^2)
R_n	= <i>Reynolds Number</i>
C_F	= Koefisien Hambatan Gesek
C_A	= <i>Coleration Allowance</i>
R_w	= Koefisien Hambatan Gelombang
R_T	= Hambatan Total (kN)
EHP	= <i>Effective Horse Power</i> (kW)
DHP	= <i>Delivered Horse Power</i> (kW)
SHP	= <i>Shaft Horse Power</i> (kW)
BHP	= <i>Break Horse Power</i> (kW)
KM	= Tinggi Titik Metasentris dari Lunas (m)
KG	= Tinggi Titik Berat dari Lunas (m)
KB	= Tinggi Titik Apung dari Lunas (m)
BM	= Jarak Titik Apung ke Metasentris (m)
GM	= Tinggi Metasentris (m)
GZ	= Lengan Dinamis (m)
M_R	= Momen Oleng (kN.m)
GT	= <i>Gross Tonnage</i> (ton)
NT	= <i>Net Tonnage</i> (ton)
V	= Volume Ruang Tertutup di Kapal (m^3)
V_c	= Volume Ruang Muat (m^3)
V_U	= Volume Ruang Tertutup di Bawah Geladak Cuaca (m^3)
V_H	= Volume Ruang Tertutup di Atas Geladak Cuaca (m^3)
nm	= <i>Nautical Miles</i>
$bbtu$	= <i>Billion British Thermal Units</i>
$mmscf$	= <i>Million Standart Cubic Feet</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Semakin berkembangnya teknologi di kehidupan ini, tentunya membuat kebutuhan listrik menjadi bertambah setiap tahunnya. Untuk menghindari krisis kelistrikan yang terjadi di Indonesia, maka pemerintah membuat program pembangkit listrik 35000 MW yang ditetapkan pada Peraturan Presiden Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2016 Tentang Percepatan Pembangunan Infrastruktur Ketenagalistrikan. Pada program ini pemerintah akan membangun banyak pembangkit listrik di berbagai daerah di Indonesia.

Dengan menipisnya cadangan minyak bumi dan tingginya harga minyak bumi membuat banyak orang yang beralih ke sumber energi lain. Dalam memenuhi program pembangkit listrik 35000 MW, pemerintah memanfaatkan gas alam sebagai bahan bakar untuk pembangkit listrik. Gas alam yang digunakan yaitu *Liquefied Natural Gas (LNG)* atau *Compressed Natural Gas (CNG)*. Antara LNG dan CNG terdapat perbedaan bentuk yang mendasar yaitu LNG merupakan gas alam yang berbentuk cair sedangkan CNG adalah gas alam yang terkompresi. Secara ekonomis produksi CNG lebih murah dibandingkan LNG yang membutuhkan pendinginan dan tangki kriogenik yang mahal. Akan tetapi tempat penyimpanan CNG lebih besar untuk jumlah *massa* yang sama dengan LNG. Murahannya produksi CNG ini membuat pemasarannya lebih ekonomis untuk lokasi-lokasi yang dekat dengan sumber gas alam.

Dari kondisi tersebut pemerintah akan memanfaatkan CNG sebagai bahan bakar untuk pembangkit – pembangkit listrik. Pembangkit listrik yang didirikan tidak selalu dekat dengan daerah penghasil gas alam sehingga kondisi seperti ini menjadi kendala yang cukup serius dalam hal pengangkutannya. Salah satu pembangunan pembangkit listrik yaitu PLTGU Peaker 150 MW yang akan dibangun di daerah Lombok. Akan tetapi pasokan CNG pada daerah ini belum ada, sehingga harus dilakukan suplai gas dari daerah lain. Berhubungan dengan dibangunnya fasilitas CNG atau CNG Plant Gresik di lokasi Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) Gresik, maka pemerintah akan mengirim pasokan CNG dari Gresik ke Lombok dan nantinya akan ditransfer ke daerah PLTGU yang di bangun. Dari latar belakang tersebut,

maka akan dibuat desain CNG *Carrier* dari Gresik ke Lombok untuk mendukung program Pembangkit Listrik 35000 MW.

I.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana menentukan *payload* CNG *carrier* yang sesuai untuk rute pelayaran Gresik ke Lombok?
2. Bagaimana desain CNG *carrier* yang sesuai karakteristik rute pelayaran Gresik ke Lombok meliputi ukuran utama, Rencana Garis (*Lines Plan*), dan Rencana Umum (*General Arrangement*)?
3. Bagaimana desain 3D Model CNG *carrier*?
4. Bagaimana biaya pembangunan dan operasional dari CNG *carrier*?

I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menentukan *payload* CNG *Carrier* yang sesuai untuk rute pelayaran Gresik ke Lombok.
2. Mendesain CNG *Carrier* sesuai karakteristik rute pelayaran Gresik ke Lombok meliputi ukuran utama, Rencana Garis (*Lines Plan*), dan Rencana Umum (*General Arrangement*).
3. Mendesain 3D Model CNG *Carrier*.
4. Menghitung biaya pembangunan dan operasional CNG *Carrier*.

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Material kapal yang digunakan adalah baja.
2. Tabung yang digunakan adalah tabung tipe 1 (*all metal cylinders*).
3. Rute pelayaran kapal dari Pelabuhan Gresik ke Pelabuhan Lembar Lombok.
4. Masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas *concept design*.
5. Tidak membahas perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.

I.5. Manfaat

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

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan dunia pendidikan di Indonesia.

2. Secara praktek, diharapkan hasil dari pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menyediakan kapal yang mampu mengangkut CNG dari suatu daerah ke daerah lain.

I.6. Hipotesis

Desain CNG *Carrier* ini diharapkan dapat mengangkut CNG dari Gresik ke Lombok sehingga menjadi solusi untuk mendukung program pembangkit listrik 35000 MW.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Dasar Teori

Pada Bab II ini berisikan tentang dasar teori dan tinjauan pustaka dari topik utama dalam pembuatan Tugas Akhir ini. Dasar teori berisi uraian singkat tentang landasan teori yang mempunyai keterkaitan langsung dan digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dalam Tugas Akhir ini.

II.1.1. Pembuatan Tabung CNG

CNG atau gas alam terkompresi merupakan alternatif bahan bakar selain bensin atau solar. Bahan bakar ini dianggap lebih bersih bila dibandingkan dengan kedua bahan bakar minyak, karena emisi gas buangnya yang ramah lingkungan. CNG dibuat dengan melakukan kompresi metana (CH_4) yang diekstrak dari gas alam. CNG disimpan dan didistribusikan dalam bejana tekan, biasanya berbentuk silinder. Di dalam bejana tekan atau tabung ini, gas CNG akan dimampatkan dengan tekanan antara 200 - 250 bar (2900 – 3600 psi).

Standar internasional sekarang yang tersedia adalah ISO 11.439 dan PADU R110. ISO 11439 adalah standar yang komprehensif, yang telah digunakan untuk mempengaruhi sejumlah standar internasional dan menjalani review saat ini dalam ISO. PADU R110 adalah peraturan PBB untuk komponen kendaraan CNG termasuk penyimpanan silinder. Dan silinder bagian ini didasarkan pada versi awal ISO 11.439. R110 PADU sedang diterapkan di Eropa, Brasil, Argentina dan negara-negara lain, namun AS belum mengadopsi ke dalam peraturan mereka.

Tabung penyimpanan CNG terbuat dari baja atau aluminium yang mampu menahan tekanan hingga lebih dari 50 bar. Pembuatannya dilakukan dengan cara ditempa, mulai dari bentuk bongkahan baja utuh hingga terbentuk sebuah tangki tanpa sambungan.

Tabung yang dibuat harus lolos dari berbagai macam pengujian yang sesuai dengan code dan standar, mengingat isinya adalah gas dengan tekanan yang besar. Tiap negara memiliki code dan standar yang berbeda, misalnya di Amerika mengacu pada standar ASML, di Inggris mengacu pada standar BS dan sebagainya. Pengujian tersebut dapat berupa pengujian merusak atau tidak merusak (Fathurahim, 2010).

II.1.2. Tipe-Tipe Tabung CNG

Berdasarkan standar ISO 11439:2000, ada 4 jenis tipe standar dari tabung CNG yaitu sebagai berikut.

a) Tabung CNG Tipe 1 (*All metal cylinder*)

Tabung ini terbuat dari logam 100% yang merupakan tabung yang kuat tapi berat. Biaya yang murah merupakan keuntungan dari tabung ini, namun masalah berat menjadi kendala tersendiri. Tabung ini merupakan tipe pertama yang dikembangkan untuk bahan bakar CNG. Desain awal tabung ini pun sudah sangat lama dikembangkan, yaitu pada tahun 1920-an dan masih menggunakan *carbon steel*. Namun seiring dengan perjalanan waktu, tabung tipe 1 dikembangkan kembali dengan menggunakan logam paduan untuk mendapatkan sifat-sifat yang lebih baik. Tabung CNG tipe 1 terbuat dari baja tanpa lasan, komposisi kimianya harus dinyatakan dengan jelas, minimum meliputi:

1. Kandungan karbon, mangan, aluminium dan silikon.
2. Kandungan kromium, nikel, molibdenum, boron dan vanadium serta elemen-elemen paduan lainnya yang sengaja ditambahkan.

Beberapa standar juga memungkinkan pembuatan tabung dengan pengelasan, tetapi membutuhkan faktor keamanan yang lebih tinggi. Gambar II.1 merupakan contoh tabung CNG tipe 1.



Gambar II.1 Tabung CNG Tipe 1

b) Tabung CNG Tipe 2 (*Metal liner with hoop wrapped composite*)

Pada tabung tipe 2, *liner* tabung tetap terbuat dari logam akan tetapi bagian tersebut dilapisi sebagian pada bagian silinder sirkularnya dengan material komposit seperti *carbon fiber* dan *fiber glass* yang dikeraskan dengan *epoxy* dan *polyester resin*. *Resin* sebagai material

pengisi, berupa *resin* termoplastik atau *thermosetting*, seperti epoksi, modifikasi epoksi, plastik *thermosetting vinil ester* dan *polyester*, serta material termoplastik poliamida dan polietilen.

Fiber sebagai material filamen penguat struktur, berupa *fiber glass*, *fiber aramid* atau *fiber carbon*. Penggunaan *fiber carbon* harus mempertimbangkan pencegahan terhadap korosi galvanik pada komponen logam tabung. Tabung ini lebih ringan dibandingkan dengan tabung tipe 1, akan tetapi dari segi harga jauh lebih mahal dibandingkan dengan tabung tipe 1 tersebut. Pada Gambar II.2 berikut merupakan contoh tabung CNG tipe 2.

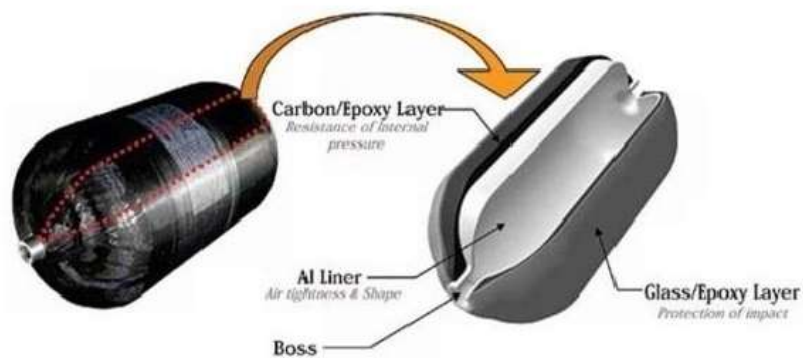


Gambar II.2 Tabung CNG Tipe 2

c) Tabung CNG Tipe 3 (*Metal liner with fully wrapped composite*)

Tabung tipe 3 ini hampir sama dengan tabung tipe 2. Bedanya pada tabung ini semua permukaan *liner* terbungkus oleh komposit (*carbon fiber* dan *fiber glass*) yang dikeraskan dengan *resin*. Secara umum, tabung tipe 3 memiliki berat 70% lebih ringan dari tipe 1 dan 50% lebih ringan dari tipe 2.

Selain itu, karena penggunaan material aluminium yang dominan sebagai bahan *linier*-nya maka tabung ini memiliki sifat anti korosi lebih baik dibandingkan kedua jenis tabung sebelumnya dan juga memiliki umur *fatigue* yang tinggi. Tabung CNG tipe 3 ini bisa dilihat pada Gambar II.3.



Gambar II.3 Tabung CNG Tipe 3

d) Tabung CNG Tipe 4 (*Plastic liner with fully wrapped composite*)

Pada tabung tipe 4, linernya terbuat dari plastik atau polimer yang dibungkus dengan komposit (*fiber carbon* dan *fiber glass*) yang dikeraskan dengan *resin*. Dalam penggunaannya tidak dapat digunakan plastik yang sembarangan, tetapi digunakan plastik yang sangat kuat terhadap tekanan tinggi dan tidak mudah bereaksi dengan CNG yang tersimpan. Biasanya plastik yang digunakan adalah tipe HDPE (*Highdensity Polyethylene*). Kelebihan dari tabung tipe 4 sendiri adalah bobotnya yang sangat ringan namun harganya relatif lebih mahal bila dibandingkan dengan tabung tipe lainnya (sekitar 2-3 kali lipat lebih mahal dibanding harga tabung tipe 1). Tabung CNG tipe 4 bisa dilihat pada Gambar II.4.



Gambar II.4 Tabung CNG Tipe 4

Dari keempat jenis tabung tersebut, masing – masing memiliki kekurangan dan kelebihan. Tergantung dari keinginan setiap konsumen dalam menentukan pilihannya.

II.1.3. Transportasi CNG

Pengiriman gas alam dari suatu tempat ke tempat lain memang memerlukan suatu alat baik dari jalur darat ataupun jalur laut. Pada dasarnya transportasi gas alam ada beberapa yaitu:

1. Transportasi melalui saluran pipa.
2. Transportasi dalam bentuk *Liquefied Natural Gas* (LNG) dengan kapal tanker LNG untuk pengangkutan jarak jauh.
3. Transportasi dalam bentuk Compressed Natural Gas (CNG), baik di daratan dengan *truck mounted* maupun dengan kapal tanker CNG di laut, untuk jarak dekat dan menengah (antar pulau).

Metode pengiriman CNG menggunakan *truck mounted* CNG atau *CNG trailer* telah banyak diaplikasikan secara komersial di beberapa negara maju, terutama di Amerika Serikat dan Kanada. Sedangkan jalur laut (*CNG Marine*) menggunakan kapal dengan desain khusus, sayangnya hingga saat ini aplikasi komersial *marine transportation* CNG belum beroperasi secara komersial karena risiko yang terkait dengan teknologi baru (Fathurahim, 2010).

Salah satu teknologi pengangkutan CNG di perairan dangkal seperti perairan Indonesia adalah yang dikembangkan oleh Enersea *transport* yaitu *votrans (volume optimized transport and storage)*. Fitur utama dari operator VOTRANS CNG EnerSea adalah bahwa hal itu dapat membawa jumlah yang sama dari gas seperti sistem lain dengan sedikit pendinginan gas dengan tekanan yang relatif rendah daripada yang lain. Lebih khusus, sistem lain berisi gas pada suhu kamar dengan tekanan dari 250 sampai 300 bar, sedangkan metode VOTRANS menyimpan jumlah yang sama dari gas pada minus 30 derajat dan tekanan 120 bar, yang kurang dari setengah dari sistem lain. Kepadatan relatif dari gas pada kondisi yang kira-kira dua kali lipat dari sistem lain. Sebagai gas dapat diangkut sekitar setengah tekanan, berat total tangki juga dapat dikurangi dengan sekitar setengah dari sistem lain (Enersea, 2014).

Di Indonesia sendiri pengiriman CNG melalui jalur laut sudah dilaksanakan. Salah satunya adalah pengiriman CNG dari Gresik menuju Bawean menggunakan kapal *Landing Craft Utility* (LCT).



Gambar II.5 VOTRANS CNG

Sumber: Enersea, 2014

Gambar II.5 merupakan contoh kapal pengangkut CNG yang dikembangkan oleh Enersea *transport*.

II.1.4. Klasifikasi Muatan Berbahaya

Peraturan internasional mengenai penanganan muatan berbahaya terdapat pada IMDG (*International Maritime Dangerous Goods*) Code, 2014. Dalam *IMDG Code* part 2, klasifikasi muatan berbahaya akan dibagi ke dalam kelas-kelas berikut:

1. Kelas 1 Bahan peledak
2. Kelas 2 Gas yang ditekan, dicairkan atau dilarutkan di bawah tekanan
3. Kelas 3 Cairan yang mudah terbakar
 - Kelas 3.1 *Low flash point group* (-18°C)
 - Kelas 3.2 *Intermediete flash point group* (-18°C s/d 23°C)
 - Kelas 3.3 *High flash point group* (23°C s/d 60°C)
4. Kelas 4 *Flammable solid* (zat padat mudah menyala)
 - Kelas 4.1 Bahan padat yang mudah terbakar
 - Kelas 4.2 Bahan yang dapat terbakar sendiri, baik padat, kering maupun cair
 - Kelas 4.3 Bahan padat/kering jika terkena air (basah) mengeluarkan gas mudah menyala dan beberapa jenis dapat terbakar sendiri
5. Kelas 5.1 Zat pengoksidasi
 - Kelas 5.2 Organik peroksida
6. Kelas 6.1 Zat beracun
 - Kelas 6.2 *Zat infectious*
7. Kelas 7 Zat radioaktif

8. Kelas 8 Zat perusak (Karat)
9. Kelas 9 Zat berbahaya lainnya atau substansi lain yang mungkin menunjukkan dan memiliki karakter seperti barang berbahaya yang ditetapkan pada ketentuan bagian ini.

Jika dilihat dari peraturan IMDG *Code* ini tentang klasifikasi muatan berbahaya maka CNG termasuk kedalam kelas 2 yaitu gas yang ditekan/dikompres (Yudiyana, 2014).

II.1.5. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal Awal

Setelah ukuran utama awal didapat dilanjutkan dengan pengecekan ukuran utama awal tersebut. Pengecekan ini dilakukan dengan mengecek rasio perbandingan ukuran utama, pengecekan teknis, dan juga regulasi. Apabila seluruh pengecekan sesuai dengan ketentuan teknis dan juga regulasi maka didapat nilai ukuran utama *final* yang nantinya digunakan dalam mendesain Rencana Garis dan juga Rencanan Umum.

Rasio ukuran utama kapal merupakan hubungan dimensi utama kapal dalam bentuk rasio L/B, B/T dan L/T. Nilai rasio ini mencerminkan karakteristik *performance* dari kapal tersebut seperti stabilitas, kemampuan olah gerak kapal, dan lain sebagainya. Rasio ini sangat bermanfaat dalam proses menentukan ukuran utama dari kapal (Hardjono, 2010).

Tabel II.1 Parameter Ukuran Utama Kapal Terhadap Pengaruh Performance Kapal.

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

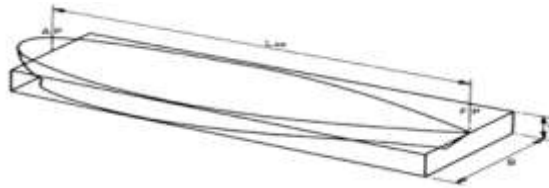
Sumber: Hardjono, 2010

II.1.6. Perhitungan Koefisien

Koefisien bentuk kapal meliputi nilai koefisien blok (C_B), koefisien prismatik (C_P), koefisien *midship* (C_M), dan koefisien *waterplane* (C_{WP}). Selain menghitung koefisien bentuk kapal, pada sub bab ini akan dijelaskan juga mengenai LCB dan juga nilai *displacement*.

A. Koefisien Blok (C_B)

Pengertian dari koefisien blok itu sendiri adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup air dengan volume balok yang memiliki ukuran panjang L , lebar B , dan tinggi T (Gambar II.6). Nilai C_B yang rendah biasanya dijumpai pada kapal-kapal cepat sedangkan nilai C_B besar biasanya dijumpai pada jenis kapal *tanker* (Dinariyana, 2011).

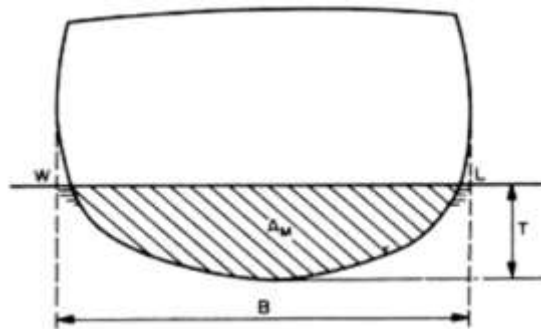


Gambar II.6 Ilustrasi Menentukan Nilai C_B

Sumber: Dinariyana, 2011

B. Koefisien Gading Besar (C_M)

Merupakan perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan luas satu penampang yang memiliki lebar B dan tinggi T (Gambar II.7). Nilai C_M besar biasanya dijumpai pada kapal-kapal yang membutuhkan ruang muat yang berkapasitas besar (Dinariyana, 2011).

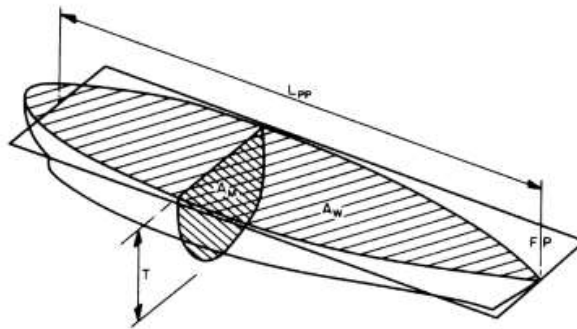


Gambar II.7 Ilustrasi Menentukan Nilai C_M

Sumber: Dinariyana, 2011

C. Koefisien Prismatik (C_P)

Merupakan perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang pada gading terbesar dan panjang L (Dinariyana, 2011). Hal tersebut dapat dilihat pada ilustrasi di Gambar II.8.

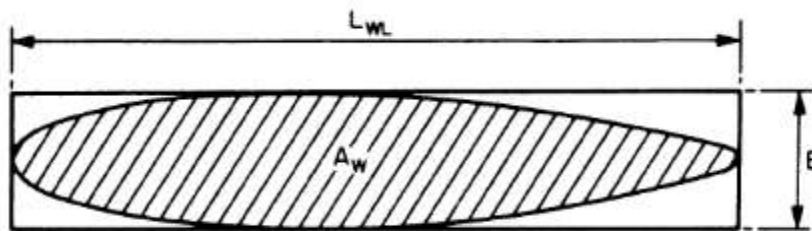


Gambar II.8 Ilustrasi Menentukan Nilai C_p

Sumber: Dinariyana, 2011

D. Koefisien Garis Air (C_{WP})

Merupakan luas bidang air muat dengan luas persegi panjang yang memiliki panjang LWL dan lebar B. C_{WP} yang kecil biasanya dimiliki oleh kapal-kapal cepat dan berbentuk tajam (Dinariyana, 2011). Berikut ilustrasi dalam menentukan nilai C_{WP} pada gambar II.9.



Gambar II.9 Ilustrasi Menentukan Nilai C_{WP}

(Sumber: Dinariyana, 2011)

E. Displacement

Merupakan volume air yang dipindahkan oleh badan kapal sehingga volume air yang dipindahkan tersebut merupakan volume dari kapal itu sendiri. Selain dalam satuan volume (m^3) displacement juga dapat di konversi ke dalam satuan massa (ton) (Dinariyana, 2011). Pada persamaan displacement dalam satuan massa terdapat fungsi massa jenis fluida ρ (ton/m^3).

F. Longitudinal Centre of Buoyancy (LCB)

Nilai LCB ini merupakan letak memanjang dari titik apung (buoyancy) yang mempengaruhi hambatan dan juga trim dari kapal (Parsons, 2001). Nilai LCB dapat bernilai positif (berada di depan midship) dan negatif (berada di belakang midship).

Perhitungan koefisien-koefisien pada kapal terdiri dari :

➤ *Froude Number*

Rumus *Froude Number* (Lewis, 1988):

$$F_r = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot Lwl}} \dots\dots\dots(2.1)$$

Keterangan :

- F_r = *Froude Number*
- V_s = kecepatan kapal (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s²)
- Lwl = *length of waterline* (m)

➤ *Block Coefficient*

Rumus *Block Coefficient* (Parsons, 2001):

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

Keterangan :

- F_r = *Froude Number*
- C_b = *Block Coefficient*

➤ *Midship Section Coefficient*

Rumus *Midship Section Coefficient* (Parsons, 2001):

$$C_m = 1.006 - 0.0056 C_b^{-3.56} \dots\dots\dots(2.3)$$

Keterangan :

- C_m = *Midship Section Coefficient*
- C_b = *Block Coefficient*

➤ *Waterplan Coefficient*

Rumus *Waterplan Coefficient* (Parsons, 2001):

$$C_{wp} = C_b / (0.471 + 0.551 C_b) \dots\dots\dots(2.4)$$

Keterangan :

- C_{wp} = *Waterplan Coefficient*

- C_b = *Block Coefficient*

➤ *Longitudinal Center of Bouyancy*

Rumus *Longitudinal Center of Bouyancy* (Parsons, 2001):

$$LCB = 8.80 - 38.9 F_r \dots\dots\dots(2.5)$$

Keterangan :

- LCB = *Longitudinal Center of Bouyancy*
- F_r = *Froude Number*

➤ *Volume Displacement*

Rumus *Volume Displacement* :

$$\nabla = Lwl \times B \times T \times C_b \dots\dots\dots(2.6)$$

Keterangan :

- ∇ = *Volume Displacement* (m³)
- Lwl = *Length of Waterline* (m)
- B = *Lebar Kapal* (m)
- T = *Sarat Kapal* (m)
- C_b = *Block Coefficient* (m)

➤ *Displacement*

Rumus *Displacement* :

$$\Delta = Lwl \times B \times T \times C_b \times \rho \dots\dots\dots(2.7)$$

Keterangan :

- Δ = *Displacement* (ton)
- Lwl = *Length of Waterline* (m)
- B = *Lebar Kapal* (m)
- T = *Sarat Kapal* (m)
- C_b = *Block Coefficient*
- ρ = *Massa Jenis Cairan* (kg/m³)

II.1.7. Perhitungan Hambatan

Hambatan kapal pada suatu kecepatan tertentu adalah gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya fluida yang bekerja sejajar dengan sumbu gerak kapal (Harvald, 1992). Dalam menghitung hambatan kapal menggunakan metode Holtrop sebagai berikut:

A. Koefisien Hambatan Gesek (C_F)

Pada dasarnya fluida memiliki suatu sifat yaitu kekentalan atau viskositas. Dengan adanya viskositas ini menimbulkan gesekan apabila fluida tersebut dilewati oleh suatu benda. Oleh karena itu fluida tersebut akan memberikan suatu gaya gesek didapat dari viskositas terhadap gerakan benda yang melewati fluida tersebut. Untuk menentukan nilai dari koefisien hambatan gesek ini dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

$$C_F = 0.075 / (\log R_n - 2)^2 \dots\dots\dots(2.8)$$

Nilai koefisien hambatan gesek ini merupakan mungsi dari angka *Reynolds* (R_n), di mana di dapat dari persamaan $R_n = v \times L_{WL} / \nu_S$ dengan v adalah kecepatan kapal (m/s), L_{WL} panjang garis air (m), dan ν_S merupakan viskositas kinematik dari air laut ($1.1883 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$) (Lewis, 1988).

B. Luas Permukaan Basah (S_{Tot})

Luas permukaan basah merupakan seluruh luasan badan kapal yang tercelup ke dalam air. Selain badan kapal terdapat beberapa *appendeges* yang ikut tercelup ke air masuk ke dalam luas permukaan basah tersebut seperti salah satu contohnya adalah kemudi. Bentuk dari badan kapal sendiri akan menentukan besar kecilnya hambatan yang dihasilkan. Semakin sedikit luasan yang tercelup air maka semakin kecil hambatan yang dihasilkan.

C. Koefisien Bentuk ($1+k$)

Koefisien bentuk badan kapal dapat dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$(1+k) = (1+ k_1) + [(1+ k_2) - (1+ k_1)] S_{app}/S_{tot} \dots\dots\dots(2.9)$$

Dari persamaan di atas nilai $(1+k_1)$ merupakan faktor dari bentuk badan kapal itu sendiri dan nilai $(1+k_2)$ merupakan faktor dari *appendages* yang iktu tercelup ke dalam air.

D. Coleration Allowance (C_A)

Nilai C_A ini merupakan faktor dari perbandingan sarat (T) dan panjang garis air (L_{WL}). Dengan mengetahui nilai T/L_{WL} kapal maka dapat ditentukan nilai dari C_A itu sendiri.

E. Koefisien Hambatan Gelombang (R_w)

Di laut, selain fluida memiliki viskositas, fluida (air laut) juga memiliki gelombang. Gelombang ini memiliki kemampuan untuk menahan gerak kapal saat kapal sedang berlayar. Untuk menentukan R_w dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

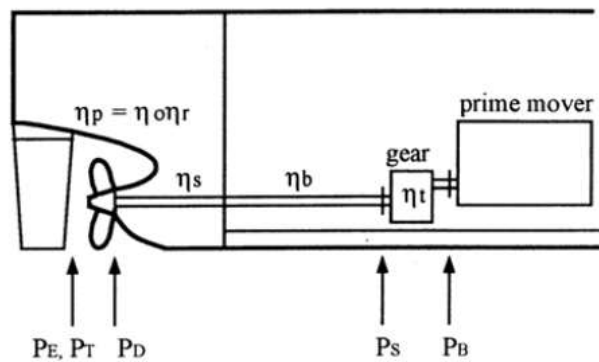
$$R_w = C_1 C_2 C_3 e^{m_1 \times F_n^{d_1} + m_2 \cos(\lambda F_n^{d_2})} \dots \dots \dots (2.10)$$

F. Gaya Berat (W)

Sesuai dengan Hukum II Newton dimana $F = m \cdot a$ maka gaya berat di sini merupakan hasil kali dari massa *displacement* kapal (ton) dengan percepatan gravitasi (m/s^2).

II.1.8. Perhitungan Propulsi Kapal

Dengan mengetahui hambatan yang dihasilkan oleh kapal, desainer mampu menentukan kapasitas mesin yang diperlukan oleh kapal untuk melawan hambatan tersebut sehingga kapal mampu berlayar dengan kecepatan yang telah ditentukan. Yang diperlukan dapat menentukan daya mesin yang akan digunakan maka nilai *Break Horse Power* (BHP) yang dihasilkan oleh kapal harus dihitung. Namun sebelum itu, nilai *Effective Horse Power* harus didapat terlebih dahulu. Berikut nilai-nilai yang harus dihitung dalam memperoleh BHP untuk menentukan daya mesin yang diperlukan. Pada gambar II.10 diperlihatkan daya-daya yang bekerja pada kapal.



Gambar II.10 Daya Yang Bekerja Pada Kapal

Sumber : Parsons, 2011

A. *Effectivie Horse Power* (EHP)

Daya ini merupakan daya yang diperlukan untuk melawan hambatan yang terjadi sehingga kapal mampu bergerak sesuai kecepatan yang ditentukan (Parsons, 2001). EHP dapat dihitung menggunakan persamaan di bawah ini.

$$P_E = R_T \times v \dots\dots\dots(2.11)$$

Dimana P_E merupakan *power effective* yang dihasilkan (kW, di mana 1 HP = 0.7457 kW), R_T hambatan total kapal (Newton), dan v merupakan kecepatan kapal (m/s).

B. Delivered Horse Power (DHP)

Power yang sampai di propeller. Dipengaruhi oleh *hull efficiency* (η_H), *relative-rotative efficiency* (η_R), dan *open water efficiency* (η_O).

$$P_D = P_E / \eta_H \times \eta_R \times \eta_O \dots\dots\dots (2.12)$$

C. Shaft Horse Power (SHP)

Merupakan power yang telah melewati proses transmisi pada *reduction gear*. SHP ini dipengaruhi oleh letak kamar mesin dikarenakan untuk kamar mesin di belakang dan di midship memiliki efisiensi (*seal efficiency* (η_S) dan *line shaft bearing efficiency* (η_B)) yang berbeda. Untuk kamar mesin di belakang nilai efisiensinya adalah 0.98 sedangkan untuk kamar mesin di midship memiliki nilai 0.97 (Parsons, 2001).

$$P_S = P_D / \eta_S \times \eta_B \dots\dots\dots (2.13)$$

D. Break Horse Power (BHP)

Merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin induk. Nilai BHP ini bisaanya dikalikan dengan *service margin* 15%-25%. Berikut persamaan dalam menentukan BHP.

$$P_B = P_S / \eta_t \dots\dots\dots (2.14)$$

Di mana nilai η_t merupakan *gear or electrical transmission process*. Nilai BHP yang didapat dari persamaan (2.14) akan dikalikan dengan *service margin* untuk menentukan kapasitas mesin induk. Dalam proses pemilihan mesin nilai daya mesin yang ada di katalog harus lebih besar dari nilai daya yang dihasilkan dari persamaan (2.14) dikalikan dengan *service margin*.

II.1.9. Perhitungan LWT

➤ Perhitungan berat baja kapal (Parsons, 2001):

$$W_{st} = W_{si}'(1 + 0.05(Cb' - Cb))\dots\dots\dots(2.15)$$

$$Cb' = Cb + (1 - Cb)((0.8 \times H - T)/3 \times T)) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$W_{si}' = W_{si} - (\%Scrap \times W_{si})\dots\dots\dots(2.17)$$

$$W_{si} = K \times E^{1.36} \dots\dots\dots(2.18)$$

$$E = L(B + T) + 0.85 \times L(H - T) + 0.85(l1 \times h1) + 0.75(l2 \times h2)\dots\dots\dots(2.19)$$

Keterangan:

- W_{st} = *Structural Weight*
- W_{si}' = *Net Steel Weight (after scrap)*
- W_{si} = *Net Steel Weight (before scrap)*
- %Scrap = Faktor persentase *scrap* terhadap nilai C_b
- C_b = *Block Coefficient*
- C_b' = *Block Coefficient (at 0.8H)*
- K = *Structural Weight Coefficient*
- E = *Equipment Number (LR)*
- l_1 = Panjang Bangunan Atas
- h_1 = Tinggi Bangunan Atas
- l_2 = Panjang *Houses*
- h_2 = Tinggi *Houses*

➤ Perhitungan berat E&O (Schneekluth & Betram, 1998)

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

- Untuk ukuran kapal kecil dan sedang = $160 - 170 \text{ kg/m}^2$ atau $60 - 70 \text{ kg/m}^2$
- Untuk ukuran kapal besar = $180 - 200 \text{ kg/m}^2$ atau $80 - 90 \text{ kg/m}^2$

Untuk perhitungan berat selain *houses* maka dikalikan factor C_{eo}

- $0.18 \text{ t/m}^2 < C_{eo} < 0.26 \text{ t/m}^2$

➤ Perhitungan berat permesinan

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

II.1.10. Perhitungan DWT

➤ *Payload*

Payload didapatkan berdasarkan data pasokan gas dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5899 K/20/MEM/2016 tentang Pengesahan

Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d 2025.

➤ Kebutuhan Bahan Bakar

$$MFO \text{ atau } MDO = \text{Seatime} \times \text{Koefisien Konsumsi} + \text{Koreksi } 10\% \dots\dots\dots(2.20)$$

Keterangan:

- MFO/MDO = *Marine Fuel Oil / Marine Diesel Oil*
- Seatime = *Workload* mesin (jam)
- Koefisien = 0.085 ton/jam (*Main Engine*), 0.14 ton/jam (*Generator Set*)

Perhitungan diatas juga berlaku untuk menghitung kebutuhan bahan bakar *generator set*.

➤ Kebutuhan Minyak pelumas

$$LO = \left(\frac{K}{1000}\right) \times \rho \times \text{Power} \times \frac{n}{24} \dots\dots\dots(2.21)$$

Keterangan:

- LO = Kebutuhan *Lubricating Oil*
- K = Koefisien konsumsi
- ρ = Massa Jenis (0.92 ton/m³)
- P = Daya Mesin (watt)
- n = Jumlah mesin

Perhitungan diatas juga berfungsi untuk menghitung kebutuhan LO *generator set*.

➤ Kebutuhan Air Tawar

$$W_{fw} = K \times n \times \text{Seatime} \dots\dots\dots(2.22)$$

Keterangan:

- W_{fw} = Berat *fresh water*
- K = Koefisien konsumsi air tawar
(125 kg/orang/hari) untuk kebutuhan crew
(2 – 5 kg/HP) untuk kebutuhan mesin
- n = Jumlah *crew / mesin*
- *Seatime* = Waktu Pelayaran (hari)

➤ Berat *Provision*.

$$W_{prov} = K \times n \times \text{Seatime} \dots\dots\dots(2.23)$$

Keterangan:

- W_{prov} = Berat *provision*
- K = Koefisien *provision*, (10 kg/orang/hari)
- n = Jumlah *crew*
- *Seatime* = Waktu Pelayaran (hari)

➤ Berat orang dan bawaan

$$W_{person} = K \times n \dots\dots\dots(2.24)$$

Keterangan:

- W_{person} = Berat *person*
- K = Koefisien *person*, (76 kg/orang)
- n = Jumlah *crew*

II.1.11. Perhitungan Ruang Muat

Perencanaan ruang muat untuk muatan dilakukan bersamaan dengan perhitungan dimensi tangki. Untuk perencanaan ruangan lain seperti tangki bahan bakar, akomodasi, sekat tubrukan, kamar mesin dan jarak gading adalah sebagai berikut:

➤ Jarak Gading (Biro Klasifikasi Indonesia, 2006)

$$Jarak\ Gading = 2.5 \times L_{pp} + 410 \dots\dots\dots(2.25)$$

Keterangan:

- L_{pp} = *Length Between Perpendiculars*

➤ Kamar Mesin

$$L_{km} = L_{me} + L_{ae} + Koreksi \dots\dots\dots(2.26)$$

Keterangan:

- L_{km} = Panjang kamar mesin (m)
- L_{me} = Panjang *main engine* (m)
- L_{ae} = Panjang *auxiliary engine* (m)

➤ Sekat Tubrukan (Biro Klasifikasi Indonesia, 2006):

$$Jarak\ Sekat\ Tubrukan = (0.05 - 0.08)L$$

dari *FP*, untuk kapal $L < 200\ m \dots\dots\dots(2.27)$

➤ Tangki

Tangki *didesain* berdasarkan kebutuhan volume cairan, pada Tugas Akhir kali ini tangki yang digunakan berbentuk kotak kecuali untuk tangki yang berhubungan dengan pengolahan limbah oli bekas.

$$V = L \times B \times H \dots\dots\dots(2.28)$$

Keterangan:

- V = Volume tangki (m³)
- L = Panjang tangki (m)
- B = Lebar tangki (m)
- H = Tinggi tangki (m)

➤ Akomodasi

Perencanaan ruang akomodasi juga didesain sesuai kebutuhan kapal.

II.1.12. 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.

Besarnya *freeboard* adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (LWL) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara Lpp dan 96% LWL pada 85% Hm. 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 *stringer* (senta) bila geladak tanpa penutup kayu.

Adapun langkah untuk menghitung *freeboard* berdasarkan ICLL (*International Convention on Load Lines*) sebagai berikut :

- Input Data yang Dibutuhkan
 - a. Tipe kapal
- Tipe A : adalah kapal yang:
1. didesain hanya untuk mengangkut kargo curah cair; atau

2. memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka dengan alasan kenyataan bahwa tangki kargo hanya memiliki lubang akses yang kecil, ditutup dengan penutup baja atau bahan lain dengan paking kedap air; dan
3. memiliki permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.

Kapal tipe A: tanker, LNG *carrier*

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

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

b. *Freeboard standard*

Yaitu *freeboard* yang tertera pada tabel II.2 sesuai dengan tipe kapal.

c. Koreksi

- Koreksi untuk kapal yang panjang kurang dari 100 m
- koreksi blok koefisien (C_b)
- Koreksi tinggi kapal
- Tinggi standard bangunan atas dan koreksi bangunan atas
- Koreksi bangunan atas
- Minimum *Bow height*

Tabel II.2 Pengurangan Lambung Timbul Tipe B

Panjang (L)	≤ 100 m	110 m	120 m	≥ 130 m
Pengurangan (cm)	4	5	8	12

Apabila pada kapal tipe B dilengkapi dengan penutup palkah dari baja ringan, lambung timbul kapal dikurangi sesuai pada Tabel II.2. Besarnya pengurangan untuk panjang kapal diantara besaran tersebut di atas didapat dengan interpolasi linier.

Perhitungan *freeboard* berdasarkan aturan yang terdapat pada *International Convention on Load Lines 1966 and Protocol of 1988* (ICLL 1966). Sebelum melakukan perhitungan desainer harus menentukan tipe kapal yang akan dibuat apakah tipe A atau tipe B. Untuk kelas oil tanker masuk ke dalam kriteria tipe A.

Untuk mengetahui standar *freeboard* dan *actual freeboard* kapal yang di desain adalah sebagai berikut:

➤ Koreksi Kapal < 100 m

Untuk kapal dengan panjang $24 < L < 100$ m dan mempunyai *superstructure* tertutup dengan panjang efektif mencapai $35\%L$ (jika $E < 35\%L$, maka tidak ada koreksi) maka :

$$Fb_1 = 7.5 (100 - L)(0.35 - \frac{E}{L}) \dots\dots\dots(2.29)$$

Keterangan:

- E = Total panjang efektif *superstructure*
- Fb_1 = Koreksi freeboard kapal < 100 m
- L = Panjang kapal

➤ Koreksi C_b

Koreksi dilakukan jika $C_b > 0.68$ maka:

$$Fb_2 = Fb \left[\frac{(C_b + 0.68)}{1.36} \right] \dots\dots\dots(2.30)$$

Keterangan:

- C_b = Koefisien blok
- Fb_2 = Koreksi freeboard kapal $C_b > 0.68$

➤ Koreksi Tinggi

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

$$Fb_3 = R(D - L/15) \dots\dots\dots(2.31)$$

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

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

Keterangan:

- L = Panjang kapal
- D = Tinggi kapal

II.1.13. Perhitungan Stabilitas

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

Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ).

Secara umum hal-hal yang mempengaruhi keseimbangan kapal dapat dikelompokkan kedalam dua kelompok besar yaitu:

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

Titik-titik penting stabilitas kapal antara lain adalah:

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

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

- b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

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

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

- c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentris)

Menurut Usman (1981), BM dinamakan jari-jari metasentris atau metacentris radius karena bila kapal mengoleng dengan sudut-sudut yang kecil, maka lintasan pergerakan titik B merupakan sebagian busur lingkaran dimana M merupakan titik pusatnya dan BM sebagai jari-jarinya. Titik M masih bisa dianggap tetap karena sudut olengnya kecil (100-150). Lebih lanjut dijelaskan Rubianto (1996):

$$BM = b^2/10d, \text{ dimana : } b = \text{lebar kapal (m)}$$

$$d = \text{draft kapal (m)}$$

d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

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

e. GM (Tinggi Metasentris)

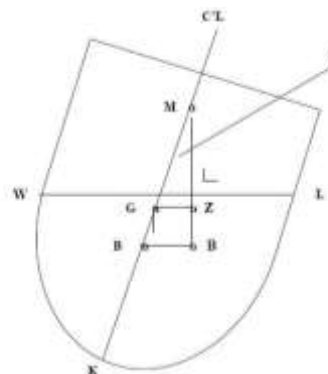
Tinggi metasentris atau *metacentris high* (GM) merupakan jarak tegak antara titik G dan titik M.

$$GM = KM - KG$$

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

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

Momen penegak adalah momen yang akan mengembalikan kapal ke kedudukan tegaknya setelah kapal miring karena gaya-gaya dari luar dan gaya-gaya tersebut tidak bekerja lagi (Rubianto, 1996). Momen penegak atau lengan penegak Pada waktu kapal miring, maka titik B pindah ke B1, sehingga garis gaya berat bekerja ke bawah melalui G dan gaya keatas melalui B1. Titik M merupakan busur dari gaya-gaya tersebut. Seperti pada Gambar II.11 merupakan sketsa momen penegak atau pengembali.



Gambar II.11 Sketsa Momen Penegak atau Pengembali

Sumber: Kharismarsono, 2017

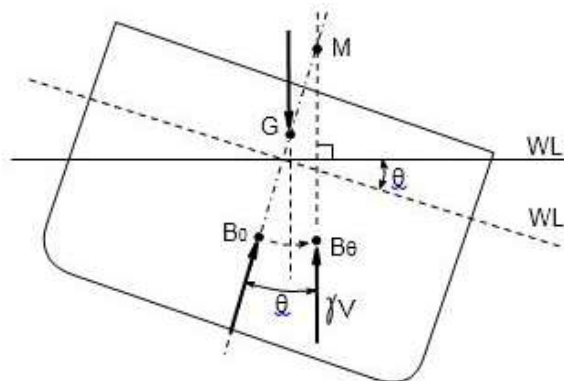
Beberapa hal yang perlu diketahui sebelum melakukan perhitungan stabilitas kapal seperti:

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

Pada prinsipnya keadaan stabilitas ada tiga yaitu :

- a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

Suatu keadaan dimana titik G-nya berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas mantap sewaktu menyenget mesti memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



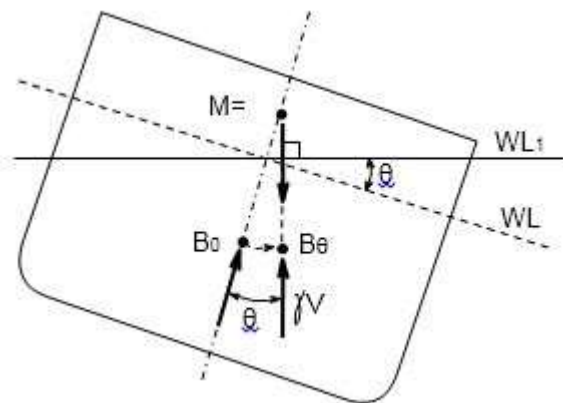
Gambar II.12 Kondisi Stabilitas Positif

Sumber: Kharismarsono, 2017

Pada Gambar II.12 menggambarkan stabilitas positif dimana titik *metacenter* lebih besar kedudukannya daripada titik gravitasi.

- b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

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



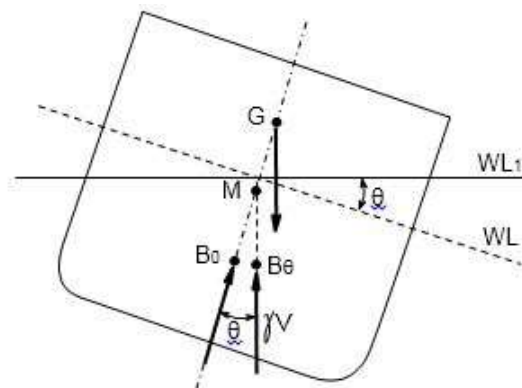
Gambar II.13 Kondisi Stabilitas Netral

Sumber: Kharismarsono, 2017

Pada Gambar II.13 menggambarkan stabilitas netral dimana titik *metacenter* sama kedudukannya dengan titik gravitasi.

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

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



Gambar II.14 Kondisi Stabilitas Negatif

Sumber: Kharismarsono, 2017

Pada Gambar II.14 menggambarkan kondisi stabilitas negatif yang harus dihindari.

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

1. $e_{0,30^\circ} \geq 0.055$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055$ meter rad.
2. $e_{0,40^\circ} \geq 0.09$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09$ meter rad.
3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03$ m.rad, luas Gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$ meter
4. $h_{30^\circ} \geq 0.2$ m, lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng 30° atau lebih.
5. h_{max} pada $\phi_{max} \geq 25^\circ$, lengan penegak maksimum harus terletak pada sudut oleng lebih dari 25°
6. $GM_0 \geq 0.15$ m, tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

Sedangkan kriteria stabilitas tambahan untuk kapal penumpang yaitu:

1. Sudut oleng akibat penumpang bergerombol di satu sisi kapal tidak boleh melebihi 10° .
2. Sudut oleng akibat kapal berbelok tidak boleh melebihi 10° jika dihitung dengan rumus berikut:

$$M_R = 0.196 \frac{V_0^2}{L} \Delta (KG - \frac{d}{2}) \dots \dots \dots (2.32)$$

Dengan

M_R = momen oleng (kN.m)

V_0 = kecepatan dinas (m/s)

L = panjang kapal pada bidang air (m)

Δ = displacement (ton)

d = sarat rata-rata (m)

KG = tinggi titik berat di atas bidang dasar (m)

➤ Perhitungan Lengan Statis (GZ)

$$\Delta_T = \Delta_0 + \left(\frac{A_0 + A_1}{2} \right) \left(\frac{F}{35} \right) \dots \dots \dots (2.33)$$

$$\delta = \left(\frac{\Delta T}{2}\right) - \Delta_0 \dots\dots\dots(2.34)$$

$$C_w' = \frac{A_2}{L \times D} \dots\dots\dots(2.35)$$

$$C_w'' = C_w' - \frac{140 \delta}{B \times D \times L} (1 - C_{PV}'') \dots\dots\dots(2.36)$$

$$C_X' = \frac{A_M - B \times F}{B \times D} \dots\dots\dots(2.37)$$

$$C_{PV}' = \frac{35 \times \Delta T}{A_1 \times D} \dots\dots\dots(2.38)$$

$$C_{PV}'' = \frac{35 \times \Delta T}{A_2 \times D} \dots\dots\dots(2.39)$$

$$f_0 = \frac{H\left(\left(\frac{A_1}{A_0}\right) - 1\right)}{2F(1 - C_{PV})} \dots\dots\dots(2.40)$$

$$f_1 = \frac{D(1 - \left(\frac{A_0}{A_1}\right))}{2F(1 - C_{PV}'')} \dots\dots\dots(2.41)$$

$$f_2 = \begin{cases} 9.1 (C_X' - 0.89) \rightarrow C_X' \geq 0.89 \\ 0 \rightarrow C_X' < 0.89 \end{cases} \dots\dots\dots(2.42)$$

$$KG' = \frac{D(1 - h_1)\Delta T - \delta}{2\Delta_0} \dots\dots\dots(2.43)$$

$$GG'' = KG'' - KG \dots\dots\dots(2.44)$$

$$h_1 = -0.4918(C_{PV}')^2 + 1.0632C_{PV}' - 0.0735 \dots\dots\dots(2.45)$$

$$h_0 = 0.335 C_{PV}' + 0.1665 \dots\dots\dots(2.46)$$

$$KB_0 = (1 - h_0)H \dots\dots\dots(2.47)$$

$$G'B_0 = KG' - KB_0 \dots\dots\dots(2.48)$$

$$G'B_{90} = \left(\frac{\Delta T h_2 B}{4\Delta_0}\right) - \left[\frac{17.5\delta^2}{\Delta_0(A_1 - 70\left(\frac{\delta}{B}\right)(1 - C_{PV}'')}\right] \dots\dots\dots(2.49)$$

$$C_1 = 0.072C_{WP}^2 + 0.0116 C_{WP} - 0.0004 \dots\dots\dots(2.50)$$

$$BM_0 = \frac{C_1 L B_w^3}{35\Delta_0} \dots\dots\dots(2.51)$$

$$C_1' = 0.1272C_w'' - 0.0437 \dots\dots\dots(2.52)$$

$$BM_{90} = \left[\frac{C_1' L D^3}{35\Delta_0}\right] + \left[\frac{L_d d D^2}{140 \Delta_0}\right] \dots\dots\dots(2.53)$$

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG \dots\dots\dots(2.54)$$

$$G'M_0 = KB_0 + BM_0 - KG' \dots\dots\dots(2.55)$$

$$G'M_{90} = BM_0 - G'B_{90} \dots\dots\dots(2.56)$$

$$b_1 = \left|\frac{9(G'B_{90} - G'B_0)}{8}\right| - \left|\frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}\right| \dots\dots\dots(2.57)$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8} \dots\dots\dots(2.58)$$

$$b_3 = \left[\frac{3(G'M_0 - G'M_{90})}{32} \right] - \left[\frac{3(G'B_{90} - G'B_0)}{8} \right] \dots\dots\dots(2.59)$$

$$G'Z' = b_1 \sin 2\theta + b_2 \sin 4\theta + b_3 \sin 6\theta \dots\dots\dots(2.60)$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \theta \dots\dots\dots(2.61)$$

II.1.14. Perhitungan Trim

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

Adapun langkah-langkah perhitungan trim sebagai berikut:

$$\frac{KB}{T} = 0.9 - 0.3C_M - 0.1C_b \dots\dots\dots(2.62)$$

$$KB = \frac{KB}{T} \times T \dots\dots\dots(2.63)$$

$$C_1 = 0.1216 C_w - 0.041 \dots\dots\dots(2.64)$$

$$I_T = C_1 \times L_{pp} \times B^3 \dots\dots\dots(2.65)$$

$$BM_T = \frac{I_T}{V} \dots\dots\dots(2.66)$$

$$C_{IL} = 0.35 C_w^2 - 0.405 C_w + 0.146 \dots\dots\dots(2.67)$$

$$I_L = C_{IL} \times B \times L_{pp}^3 \dots\dots\dots(2.68)$$

$$BM_L = \frac{I_L}{V} \dots\dots\dots(2.69)$$

$$GM_L = BM_L + KB - KG \dots\dots\dots(2.70)$$

$$Trim = T_a - T_f \dots\dots\dots(2.71)$$

II.1.15. Tonase Kapal

Tonase kapal terbagi atas *gross tonnage* dan *net tonnage*. Fungsi dari perhitungan tonase yang tercantum pada *Tonnage Convention* adalah memberikan standar universal dalam menghitung tonase kapal. Perhitungan tonase kapal merupakan persyaratan dalam proses registrasi kapal dan juga pembayaran pajak saat kapal berlabuh di suatu pelabuhan (International Maritime Organization, 1983).

A. Gross Tonnage

Gross Tonnage (GT) adalah index yang merupakan fungsi dari volume seluruh ruangan tertutup yang ada di kapal. Perhitungan GT dapat menggunakan persamaan di bawah ini.

$$GT = K_1 \times V \dots\dots\dots(2.72)$$

Di mana nilai $K_1 = 0.2 + 0.02 \log_{10} V$ dan V merupakan volume seluruh ruangan tertutup yang ada di kapal (International Maritime Organization, 1983).

B. Net Tonnage

Net Tonnage (NT) adalah index yang merupakan fungsi dari volume seluruh ruang muat yang ada di kapal. Syarat NT adalah tidak boleh kurang dari atau sama dengan 30% GT (International Maritime Organization, 1983). Berikut merupakan persamaan dalam menentukan NT.

$$NT = K_2 V_c (4d/3D)^2 + K_3 (N_1 + (N_2/10)) \dots \dots \dots (2.73)$$

Di mana $K_2 = 0.2 + 0.02 \log_{10} V_c$, D merupakan lebar kapal yang sesuai dengan *Tonnage Convention Regulation 2* (2), d merupakan sarat sesuai dengan *Tonnage Convention Regulation 4* (2), $K_3 = 1.25 ((GT+10000)/10000)$, N_1 adalah banyaknya penumpang yang memakai kabin berisi tidak lebih dari 8 orang, N_2 merupakan jumlah penumpang lain, V_c merupakan volume ruang muat (m^3). Dalam menghitung NT terdapat beberapa persyaratan antara lain:

- a) $(4d/3D)^2 \leq 1$
- b) Suku $K_2 V_c (4d/3D)^2 \geq 0.25 GT$
- c) Hasil NT $\geq 0.3 GT$

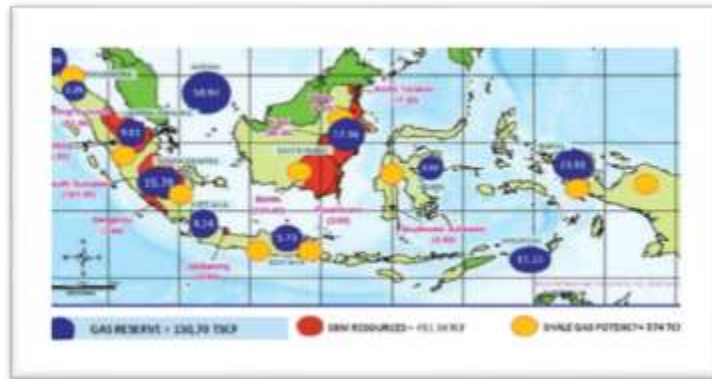
II.2. Tinjauan Pustaka

Berisi referensi dan/atau hasil penelitian terdahulu yang relevan yang digunakan untuk menguraikan teori, temuan, dan bahan penelitian atau desain lain yang diarahkan untuk menyusun kerangka pemikiran atau konsep yang akan digunakan dalam penelitian atau desain.

II.2.1. Potensi Gas Alam Indonesia

Selain minyak bumi Indonesia memiliki cadangan gas alam yang cukup besar, yaitu sebesar 170 TSCF dan produksi per tahun mencapai 2,87 TSCF, dengan komposisi tersebut Indonesia memiliki *reserve to production* (R/P) mencapai 59 tahun. Gas alam yang terkompresi (*Compressed Natural Gas*) adalah alternatif bahan bakar selain bensin dan solar. CNG dibuat dengan kompresi metana (CH_4) yang ditekan sampai dengan tekanan 250 bar, kemudian disimpan dan didistribusikan dengan truk tangki jenis *skid tube*. Indonesia mengenal CNG sebagai bahan bakar gas (BBG), bahan bakar ini dianggap lebih bersih emisinya dibandingkan dengan bahan bakar minyak. CNG sekarang menjadi primadona dengan penggunaannya sebagai bahan bakar pada bus, truk bahkan bahan bakar untuk *power plant* (pembangkit listrik) (Kementrian Energi Sumber Daya Mineral, 2014).

Dibawah ini merupakan gambar peta Indonesia yang menampilkan cadangan gas alam di Indonesia.



Gambar II.15 Cadangan Gas Alam di Indonesia

Sumber : Kementerian Energi Sumber Daya Mineral, 2014

II.2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap

PLTGU adalah gabungan antara PLTG dengan PLTU, dimana panas dari gas buang dari PLTG digunakan untuk menghasilkan uap yang digunakan sebagai fluida kerja di PLTU. Dan bagian yang digunakan untuk menghasilkan uap tersebut adalah HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*). PLTGU merupakan suatu instalasi peralatan yang berfungsi untuk mengubah energi panas (hasil pembakaran bahan bakar dan udara) menjadi energi listrik yang bermanfaat. Pada dasarnya, sistem PLTGU ini merupakan penggabungan antara PLTG dan PLTU. PLTU memanfaatkan energi panas dan uap dari gas buang hasil pembakaran di PLTG untuk memanaskan air di HRSG (*Heat Recovery Steam Generator*), sehingga menjadi uap jenuh kering. Uap jenuh kering inilah yang akan digunakan untuk memutar sudu (baling-baling). Gas yang dihasilkan dalam ruang bakar pada Pusat Listrik Tenaga Gas (PLTG) akan menggerakkan turbin dan kemudian generator, yang akan mengubahnya menjadi energi listrik. Sama halnya dengan PLTU, bahan bakar PLTG bisa berwujud cair (BBM) maupun gas (gas alam). Penggunaan bahan bakar menentukan tingkat efisiensi pembakaran dan prosesnya. Prinsip kerja PLTG adalah sebagai berikut, mula-mula udara dimasukkan dalam kompresor dengan melalui air filter/penyaring udara agar partikel debu tidak ikut masuk ke dalam kompresor tersebut.

Pada kompresor tekanan udara dinaikkan lalu dialirkan ke ruang bakar untuk dibakar bersama bahan bakar. Disini, penggunaan bahan bakar menentukan apakah bisa langsung dibakar dengan udara atau tidak. Jika menggunakan bahan bakar gas (BBG), gas bisa langsung dicampur dengan udara untuk dibakar. Tapi jika menggunakan BBM harus dilakukan proses

pengabutan dahulu pada *burner* baru dicampur udara dan dibakar. Pembakaran bahan bakar dan udara ini akan menghasilkan gas bersuhu dan bertekanan tinggi yang berenergi. Gas ini lalu disemprotkan ke turbin, hingga enthalpy gas diubah oleh turbin menjadi energi gerak yang memutar generator untuk menghasilkan listrik. Setelah melalui turbin sisa gas panas tersebut dibuang melalui cerobong. Karena gas yang disemprotkan ke turbin bersuhu tinggi, maka pada saat yang sama dilakukan pendinginan turbin dengan udara pendingin dari lubang udara pada turbin. Untuk mencegah korosi akibat gas bersuhu tinggi ini, maka bahan bakar yang digunakan tidak boleh mengandung logam Potasium, Vanadium, dan Sodium (wikipedia.com).

II.2.3. Tahapan Dalam Desain Kapal

Pada umumnya proses desain dalam pembangunan kapal menggunakan metode spiral desain atau inovasi terhadap sebuah desain kapal yang sudah ada sebelumnya dan dikembangkan lagi untuk mendapatkan desain kapal yang lebih optimal. Seluruh persyaratan dalam desain kapal harus dapat diterjemahkan oleh perancang sesuai dengan prosedur yang ada. Proses perancangan kapal biasanya terdiri dari 4 tahap yaitu:

1. Conceptual Design

Yaitu merupakan tahap lanjutan setelah adanya *owner requirement*. Pada tahap ini desain yang dibuat menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal untuk mendapatkan ukuran utama, kecepatan kapal, konsep tentang permesinan dan penggerak kapal

2. Preliminary Design

Tahapan yang kedua dalam proses desain ini merupakan usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Detail yang dimaksud seperti perhitungan kekuatan memanjang ataupun pengembangan bagian midship kapal.

3. Contract Design

Pada tahapan ini pengembangan perencanaan kapal yang telah ada ke dalam bentuk yang lebih detail sehingga pembangun kapal dapat memahami dan dapat mengestimasi secara akurat berapa biaya pembuatan kapal yang dibutuhkan.

4. Detail Design

Merupakan tahap terakhir dalam proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail (Evans, 1959). Tahapan ini mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan

operasional kapal. Hasil dari tahapan ini berisi petunjuk atau instruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi pada *fitters, welders, outfitters, metal workers, machinery vendors, pipe fitters*, dan lain-lainnya.

II.2.4. Rencana Garis (*Lines Plan*)

Rencana garis merupakan langkah dasar dari sebuah tahap perancangan kapal. Di mana fungsinya untuk memberikan gambaran umum bentuk tiga dimensi badan kapal. Di dalam gambar tersebut terdapat tiga proyeksi badan kapal yang meliputi proyeksi tampak depan (*body plan*), tampak samping (*sheer plan*) dan tampak atas (*half breadth plan*). Setiap proyeksi menggambarkan badan kapal yang terpotong-potong pada arah tertentu dengan jarak yang secara umum konstan.

- **Body Plan**

Body Plan adalah kumpulan proyeksi station, geladak, poop dan forecastle.

Station : Bidang tegak yang membagi badan kapal sejajar dengan bidang proyeksi yang berimpit dengan bidang *midship*.

- **Sheer Plan**

Sheer Plan adalah kumpulan dari proyeksi Buttock

Buttock : Bidang tegak yang membagi badan kapal sejajar dengan proyeksi yang berimpit dengan *Center Line*.

- **Half Breadth Plan**

Half Breadth Plan adalah kumpulan proyeksi sejajar dengan waterline secara horizontal (Satrio, 2016).

II.2.5. Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana Umum adalah pembagian ruangan untuk semua kebutuhan dan perlengkapan. Rencana umum merupakan perbaikan dari tahap *conceptual design* dan *preliminary design*. Ruang yang dimaksud adalah ruang muat, ruang kamar mesin dan akomodasi atau disebut *superstructure* (bangunan atas). Disamping itu juga direncanakan penempatan peralatan-peralatan, sistem-sistem dan perlengkapan bantu kapal (Satrio, 2016).

II.2.6. Biaya Pembangunan dan Operasional Kapal

Persoalan perencanaan kapal ditinjau dari segi ekonomis dilakukan dengan membuat bentuk badan kapal sedemikian rupa sehingga hambatan (*resistance*) kapal menjadi kecil dan

tenaga mesin yang diperlukan untuk menggerakkannya juga semakin kecil. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal, perhitungannya dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya investasi dan biaya operasional kapal.

Biaya investasi kapal dibagi menjadi 4 bagian yaitu (Watson, 1998):

- Biaya baja kapal (*structural cost*)
- Biaya peralatan dan perlengkapan kapal (*outfit cost*)
- Biaya permesinan kapal (*machinery cost*)
- *Non weight cost* (biaya klasifikasi, konsultan, *trial cost*, dan lain-lainnya)

Biaya operasional kapal dibagi menjadi 2 yaitu (Keputusan Menteri No 58 th 2003):

- Biaya Tetap
 - a. Biaya Penyusutan Kapal
 - b. Biaya Bunga Modal
 - c. Biaya Asuransi Kapal
 - d. Biaya ABK
- Biaya Tidak Tetap
 - a. Biaya BBM
 - b. Biaya Pelumas
 - c. Biaya Perbekalan dan Perlengkapan
 - d. Biaya Air Tawar
 - e. Biaya *Repair, Maintenance, Supplies* (RMS)

II.3. Tinjauan Wilayah

II.3.1. Pelabuhan Gresik

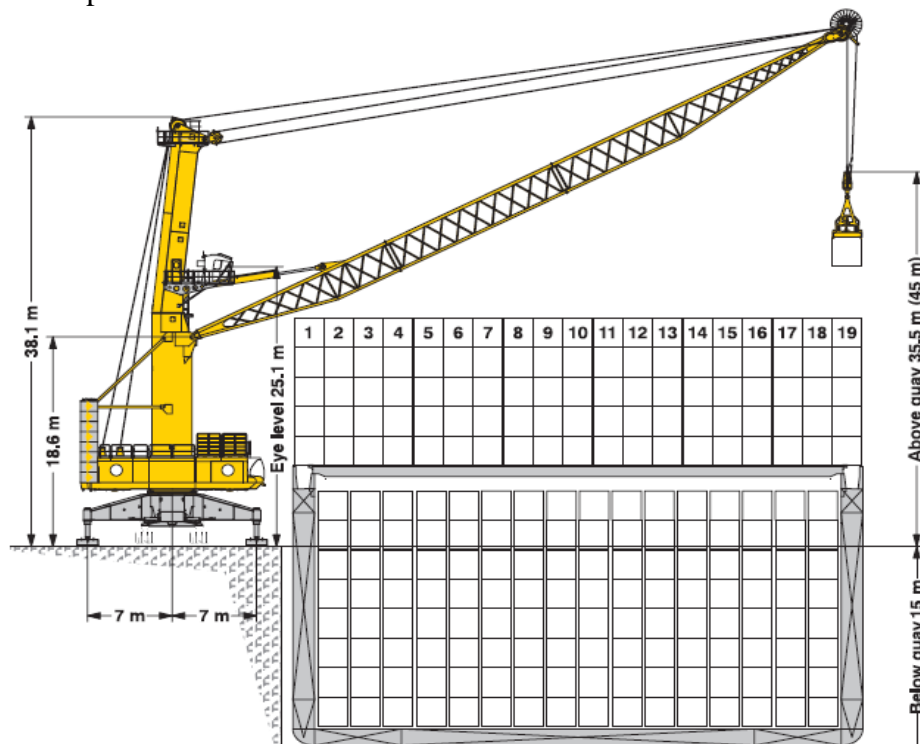
Pelabuhan Gresik merupakan daerah industri yang memiliki beberapa segmen di setiap wilayah, Gresik memfokuskan pelabuhannya dalam 3 kategori yang sesuai dengan rute kegiatan dari masing-masing kepentingan. Pertama Pelabuhan Utama Gresik, adalah pelabuhan yang utama untuk arus barang dan penumpang, baik yang masuk ataupun yang keluar. Kedua, Pelabuhan Nelayan Gresik, merupakan pelabuhan utama khusus bagi nelayan yang akan pergi melaut. Sedangkan, yang ketiga Pelabuhan Gresik merupakan pelabuhan yang hanya khusus digunakan untuk kepentingan industri tertentu seperti Petrokimia, Plywood dan Semen. Pelabuhan Gresik terletak pada posisi 112o39'30,60'' garis Bujur Timur dan 7o9'27,40'' garis Lintang Selatan, tepatnya pada Selat Madura atau sebelah utara Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya (Kompasiana, 2016).

Di pelabuhan Gresik sendiri terdapat 9 dermaga yang digunakan untuk tempat berlabuh kapal. Tabel II.3 merupakan dermaga yang terdapat pada Pelabuhan Gresik. Di Pelabuhan Gresik diasumsikan terdapat *crane* yang digunakan sebagai alat bongkar muat seperti pada Gambar II.16 dan Lampiran E.

Tabel II.3 Dermaga di Pelabuhan Gresik

	Dermaga	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman Kolam (m)
A	Dermaga Curah Kering & Log	279	40	6
B	Dermaga <i>Multipurpose</i>	146	10	7
C	Dermaga Curah Cair Internasional	218	5	12
D	Dermaga Curah Cair Internasional	198	5	9
E	Dermaga 70	70	10	6
F	Dermaga Nusantara	265	10	6
G	Dermaga Pelayaran Rakyat	180	10	3
H	Dermaga Talud Tegak	785	5	3
I	Dermaga 78	78	30	7

Sumber: www.pelindo.co.id



Gambar II.16 Fasilitas *Crane*

II.3.2. Pelabuhan Lembar Lombok

PT Pelabuhan Indonesia III (PERSERO) cabang Lembar, menjadi salah satu tempat pengembangan usaha bagi PT BJTI PORT Surabaya di pulau Lombok sejak dua tahun yang lalu. Pelabuhan Lembar yang terletak di Kabupaten Lombok Barat – NTB, memiliki geografis: 080-43’-50,2” LS /1160-04’-24,20” BT. Sebagai pelabuhan kelas III, Lembar memiliki luas

perairan 481 hektar dengan luas daratan 156,50 hektar. Untuk alur pelayarannya sendiri memiliki panjang 1.490 meter dan lebar 60 meter. Rintangan bawah airnya meliputi lumpur, air serta batu karang. Khusus untuk kedalaman (LWS) memiliki alur pelayaran 19 m (rata-rata), dengan kolam pelabuhan 6,5 m (rata-rata), sementara di depan dermaga 6 m (Kompasiana, 2016).

Di pelabuhan Lembar terdapat 4 dermaga yang bisa digunakan sebagai tempat berlabuh kapal. Tabel II.4 menunjukkan dermaga yang terdapat pada Pelabuhan Lembar. Di Pelabuhan Lembar diasumsikan terdapat *crane* yang digunakan sebagai alat bongkar muat seperti pada Gambar II.16 dan Lampiran E.

Tabel II.4 Dermaga di Pelabuhan Lembar

	Dermaga	Panjang (m)	Lebar (m)	Kedalaman Kolam (m)
A	Dermaga Nusantara I	162.5	15	7
B	Dermaga Nusantara II	100	15	6
C	Dermaga Lokal	150	10	4
D	Dermaga Pelra	40	10	4

Sumber: www.pelindo.co.id

Gambar II.17 merupakan rute pelayaran CNG *carrier* dari Gresik ke Lombok. Pelayaran tersebut melewati sebelah utara Pulau Madura untuk menghindari jembatan Suramadu. Jarak pelayaran sekitar 272 *nautical miles* atau 503744 m.



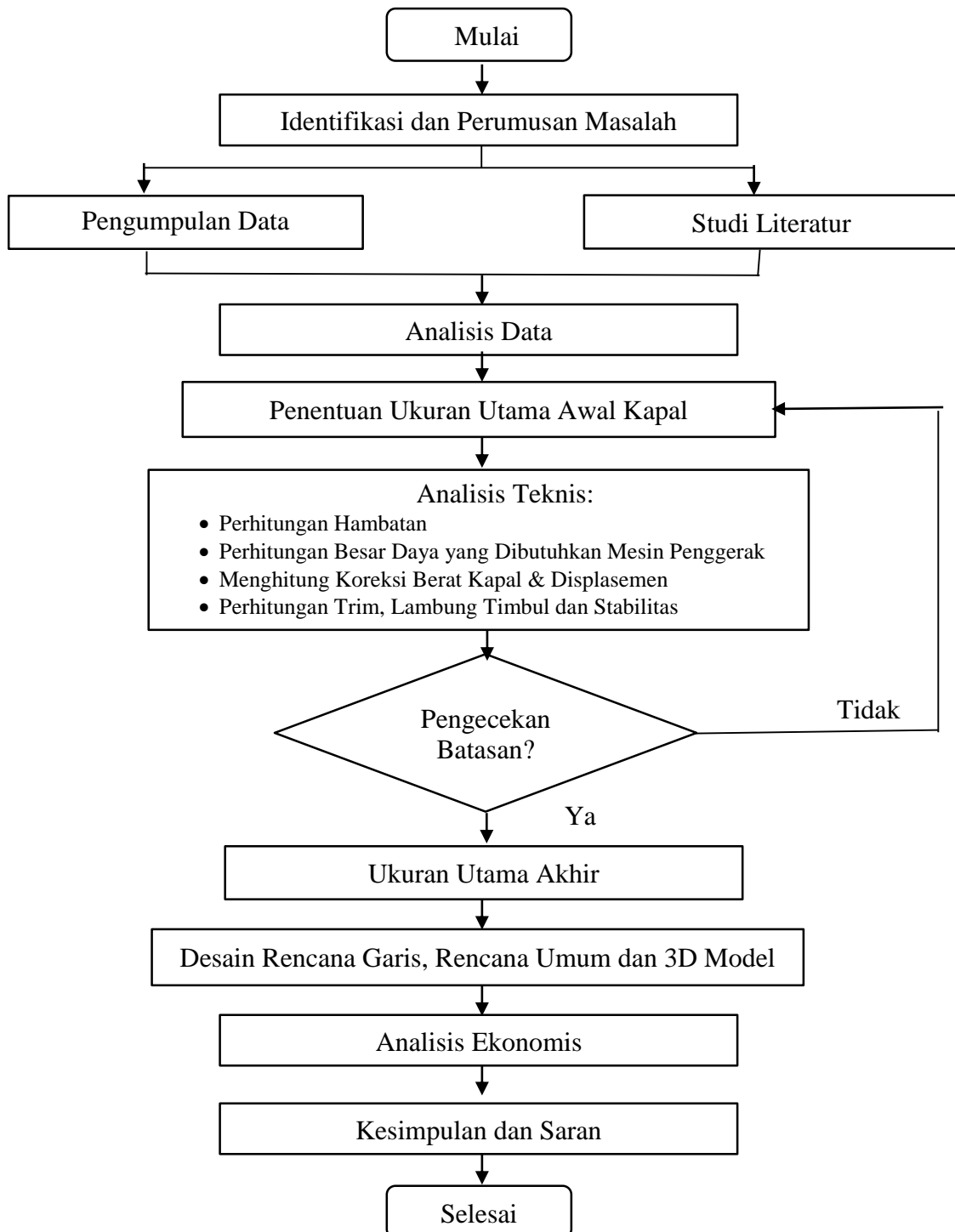
Gambar II.17 Rute Pelayaran Gresik - Lombok

Sumber: netpasdistance.com

BAB III METODOLOGI

III.1. Diagram Alir

Berikut adalah diagram alir pengerjaan Tugas Akhir yang ditunjukkan pada Gambar III.1.



Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

III.2. Tahap Pengerjaan

III.2.1. Tahap Identifikasi Masalah

Pada tahap awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Pemanfaatan CNG sebagai bahan bakar Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap di Indonesia.
2. Pembangunan CNG *Plant* di Gresik sebagai pemasok CNG untuk daerah lain.

III.2.2. Tahap Studi Literatur

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

➤ Tipe-tipe Tabung CNG

Ada 4 tipe standar dari tabung CNG yaitu :

- i. Tipe 1 (*All metal cylinders*).
- ii. Tipe 2 (*Metal liner with hoop wrapped composite*).
- iii. Tipe 3 (*Metal liner with fully wrapped composite*).
- iv. Tipe 4 (*Plastic liner with fully wrapped composite*).

➤ Transportasi CNG

Salah satu teknologi pengangkutan CNG di perairan dangkal seperti perairan Indonesia adalah yang dikembangkan oleh Enersea *transport* yaitu *votrans (volume optimized transport and storage)*.

➤ Klasifikasi Muatan Berbahaya

Berdasarkan IMDG *Code* CNG masuk kedalam kelas 2 yaitu gas yang terkompresi.

➤ Metode Desain kapal

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

➤ Tinjauan Teknis Desain Kapal

Beberapa perhitungan teknis yang harus dilakukan dalam desain kapal seperti, perhitungan berat, hambatan, trim, lambung timbul dan stabilitas.

➤ Tinjauan Wilayah

Tinjauan Pelabuhan Gresik dan Pelabuhan Lembar.

III.2.3. Tahap Pengumpulan Data

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

1. Data Perkiraan Pasokan Gas Untuk Pembangkit Listrik di Lombok.

Data mengenai perkiraan pasokan gas di Lombok didapat melalui Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5899 K/20/MEM/2016 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d 2025. Pada Keputusan Menteri ini didapat untuk pasokan gas yang dibutuhkan dalam sehari untuk PLTGU Lombok *Peaker* sebesar 5,4 bbtu dalam jangka waktu 2016-2025.

III.2.4. Tahap Pengolahan Data

Dari data-data yang didapatkan, maka proses berikutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai input dalam perhitungan selanjutnya. Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal diantaranya:

1. *Payload*.
2. Ukuran utama kapal.
3. Menghitung kebutuhan *hydrogen fuel cell* dan *solar panel cell*.
4. Menghitung *Light Weight Tonnage* dan *Dead Weight Tonnage*.
5. Menghitung volume ruang muat.
6. Menghitung *displacement*.
7. Menghitung *freeboard*.
8. Menghitung stabilitas.

III.2.5. Tahap Perencanaan

Pada tahapan ini akan dilakukan proses perencanaan (desain) kapal. Perencanaan yang dilakukan terbagi menjadi 2 yaitu:

1. Desain Rencana Garis

Pembuatan Rencana Garis dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf*. Setelah proses desain Rencana Garis selesai, proses berikutnya adalah menyempurnakan atau menyelesaikan desain Rencana Garis dengan bantuan *software AutoCad*.

2. Desain Rencana Umum

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

3. Pemodelan 3D

Dari Rencana Garis dan Rencana Umum yang telah diselesaikan, maka dibuatlah pemodelan 3D dari desain kapal ini dengan bantuan *software Maxsurf* dan *Sketchup*.

III.2.6. Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah estimasi biaya pembangunan kapal dan biaya operasional kapal.

III.2.7. 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 terhadap standar yang ada.

Saran dibuat untuk menyempurnakan terhadap beberapa hal yang belum tercakup di dalam proses desain ini.

BAB IV

ANALISIS TEKNIS

IV.1. Umum

Analisis teknis yang dilakukan pada bab ini mencakup beberapa aspek diantaranya sebagai berikut:

1. Perhitungan dan pemeriksaan kriteria koreksi berat kapal dan displasemen, *freeboard* dan *tonnage* yang mengacu ICLL (*International Convention on Load Lines*) dan *International Convention on Tonnage Measurement of Ships 1969* dari IMO (*International Maritime Organization*).
2. Pemeriksaan kondisi keseimbangan kapal dengan *loadcase* yang sudah ditentukan, meliputi pemeriksaan kriteria stabilitas berdasarkan *Intact Stability (IS) Code* IMO dan kriteria trim berdasarkan SOLAS 1974 Reg. II/7.

IV.2. Penentuan *Payload*

IV.2.1. Penentuan Jumlah Muatan CNG

Penentuan *payload* dari CNG *carrier* ini berdasarkan data dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5899 K/20/MEM/2016 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d 2025. Pada Keputusan Menteri ini didapat data pasokan CNG yang dibutuhkan dalam sehari untuk pengoperasian PLTGU Lombok *Peaker* sebesar 5.4 bbtu dalam jangka waktu 2016-2025.

Tabel IV.1 Waktu Bongkar Muat

Nama Pelabuhan	Kinerja di Pelabuhan				
	Distribusi Muatan		<i>Harbour Crane</i>	Jumlah Crane	Effective Time
	Bongkar	Muat	Kecepatan B/M		
	Box		(menit/box/crane)	(Unit)	(menit)
Gresik	112	112	3.6	2	403.20
Lembar	112	112	3.6	2	403.20
Total waktu					806.40

CNG *Carrier* ini didesain dengan kecepatan 12 knots dan jarak pelayaran sebesar 272 nm, sehingga waktu pelayaran *round trip* sebesar 45.34 jam. Proses bongkar muat diasumsikan

untuk 1 *container crane* dapat membongkar 25 kontainer per jam. Untuk 1 kontainer diperlukan waktu 2.4 menit, namun karena peletakan kontainer vertikal maka waktu bongkar muat 1 kontainer ditambah menjadi 3.6 menit. Jumlah crane yang digunakan pada masing-masing pelabuhan sebanyak 2 unit.

Pada tabel IV.1 diperoleh waktu bongkar muat 806.40 menit (13.44 jam). Waktu ini ditambah dengan waktu pelayaran sehingga didapat total waktu pelayaran $45.34 + 13.44 = 58.78$ jam. Dari total waktu tersebut maka pengiriman CNG direncanakan akan dilakukan dalam 3 hari sekali. Namun untuk menghindari cuaca yang tidak bagus dan juga perawatan untuk kapal yang memungkinkan kapal tidak bisa beroperasi maka akan dibawa cadangan pasokan gas untuk sehari, sehingga muatan total yang dibawa adalah $(5.4 \times 4 = 21.6$ bbtu).

IV.2.2. Perencanaan Muatan

Muatan yang akan dibawa berupa gas yang dikompres ke dalam tabung (CNG), oleh karena itu harus dilakukan perencanaan khusus terhadap muatan tersebut. CNG harus dikemas sedemikian rupa ke dalam tabung yang kemudian diletakkan di dalam kontainer.

Pada umumnya ada 4 tabung CNG yang dijual di pasaran seperti yang dijelaskan dalam tinjauan pustaka. Namun pada tugas akhir ini tabung yang akan digunakan adalah tabung tipe 1. Pemilihan ini didasarkan pada pertimbangan berikut:

1. Tabung tipe 1 merupakan tabung yang terbuat dari baja dan dijamin kuat terhadap tekanan dari gas yang ada didalamnya.
2. Tabung ini memiliki harga paling murah dibanding tabung tipe-tipe lainnya.

Namun tabung ini juga memiliki kekurangan yaitu tabung ini paling berat dibanding tabung lainnya.

Tabung direncanakan akan dikemas dalam kontainer dengan jumlah dalam 1 kontainer sebanyak 8 tabung. Kontainer dan tabung yang digunakan terlihat pada Gambar IV.1.



Gambar IV.1 Kontainer dan Tabung CNG

Tabel IV.2 menunjukkan detail *payload* yang direncanakan meliputi berat gas, tabung dan kontainer itu sendiri.

Tabel IV.2 Perhitungan *Payload*

Kebutuhan Gas PLTGU Lombok			
1	scf	=	0.02831685 m3
21.6	mmscf	=	21600000 scf
		=	611643.96 m3
Tabung yg digunakan			
Type tabung		=	1
Panjang		=	10975 mm
Diameter		=	559 mm
Tebal		=	17.3 mm
Tekanan		=	250 bar
Kapasistas CNG		=	700 m3
Dimensi Kontainer			
Panjang		=	12192 mm
Lebar		=	2438 mm
Tinggi		=	1435 mm
Kapasitas tabung		=	8 tabung
Berat 1 kontainer dan 8 tabung		=	25650 kg
Jumlah tabung yang digunakan			
=	total muatan/kapasitas tabung		
=	873.78		
=	874 tabung		
Jumlah kontainer yang digunakan			
=	jumlah tabung/kapasitas kontainer		
=	112 kontainer		
Berat total muatan			
=	jumlah kontainer x berat total kontainer		
=	2872800 kg		
=	2872.8 ton		

Pada Tabel IV.2 diperoleh muatan total yang akan dibawa sebesar 2872.8 ton dan dilakukan pembulatan ke atas sehingga *payload* pada CNG *carrier* ini menjadi **2873 ton**.

IV.3. Penentuan Ukuran Utama

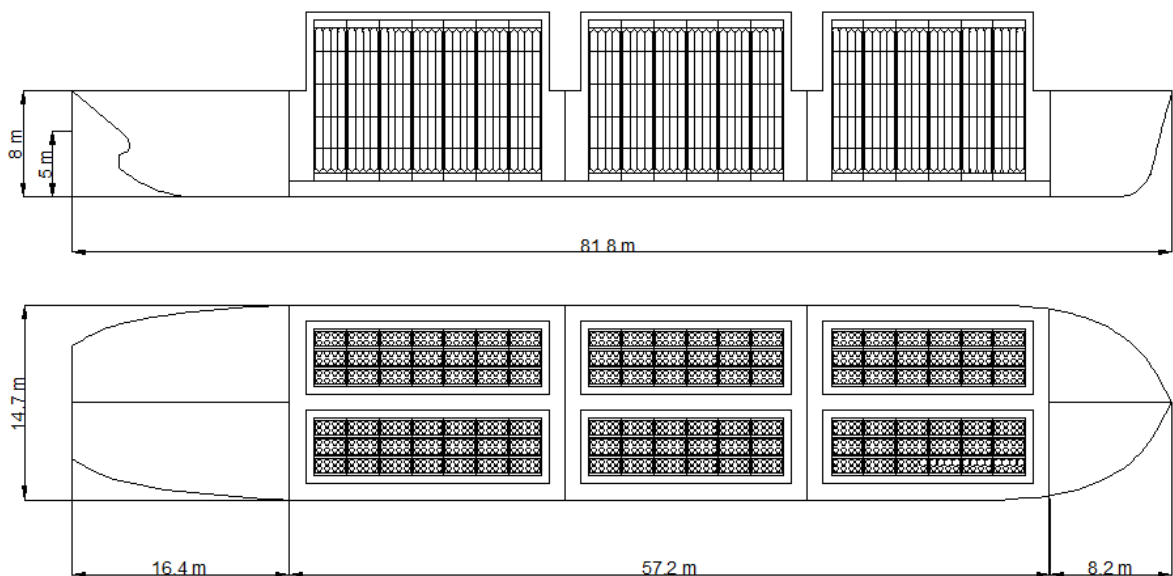
Setelah didapatkan *payload* dari kapal ini selanjutnya menentukan ukuran utama awal kapal. Ukuran utama ditentukan berdasarkan jumlah dan penempatan muatan pada ruang muat. Pada tugas akhir ini penempatan kontainer tidak ditempatkan seperti biasanya ditumpuk-

tumpuk melainkan diletakkan vertikal ke atas tanpa ada yang ditumpuk. Ada beberapa kelebihan untuk penempatan seperti ini yaitu:

- a. Tempat diatas dek bisa dimanfaatkan dan mengurangi ukuran panjang kapal yang dibangun.
- b. Muatan tidak tertumpuk sehingga menjadi lebih aman.
- c. Sistem pengikatan tidak terlalu banyak.

Adapun beberapa kekurangannya seperti:

- a. Dibutuhkan ambang palkah yang tinggi untuk menutupi kontainer agar tidak terkena hujan.
- b. Pada saat bongkar muat akan lebih sulit karena pengangkutan kontainer dari kapal tidak seperti biasanya saat kontainer diletakkan secara horizontal.



Gambar IV.2 *Layout Awal Kapal*

Penempatan muatan disusun sedemikian rupa sehingga diperoleh *layout* awal kapal seperti Gambar IV.2. Untuk batasan sarat diperoleh melalui kedalaman kolam pelabuhan yang digunakan. Pada pelabuhan Gresik dermaga yang dipakai yaitu dermaga *multipurpose* yang memiliki kedalaman 7 m, sedangkan pada pelabuhan Lembar yang dipakai yaitu dermaga Nusantara I yang memiliki kedalaman 7 m. Sehingga sarat yang digunakan dalam kapal ini tidak boleh melebihi 7 m dan sarat yang diambil sebesar 5 m.

Berdasarkan penempatan muatan seperti Gambar IV.2 dan batasan pelabuhan yang dipilih maka didapatkan ukuran utama kapal sebagai berikut:

LPP	: 81.8	m
LWL	: 85.072	m
B	: 14.7	m
H	: 8	m
T	: 5	m

Ukuran utama tersebut kemudian disesuaikan dengan batasan-batasan perbandingan ukuran utama sebagai berikut:

$$L/B = 5.56, \quad 3.5 < L/B < 10$$

$$B/T = 2.94, \quad 1.8 < B/T < 5$$

$$L/T = 16.36, \quad 10 < L/T < 30$$

$$L/16 = 5.11, \quad H > L/16$$

Dari pengecekan batasan-batasan perbandingan ukuran utama dapat diketahui bahwa ukuran utama kapal tersebut memenuhi persyaratan batasan karena masih dalam *range* yang sudah ditentukan.

IV.4. Perhitungan Teknis

Setelah ukuran utama kapal memenuhi persyaratan batasan-batasan ukuran utama maka selanjutnya akan dilakukan perhitungan teknis yang meliputi perhitungan koefisien, hambatan, berat dan titik berat, tonase, trim, *freeboard* dan stabilitas kapal.

IV.4.1. Perhitungan Koefisien

Setelah didapatkan ukuran utama kapal selanjutnya dilakukan perhitungan koefisien. Koefisien yang akan dihitung antara lain, *block coefficient*, *midship section coefficient*, *waterplane coefficient*, dan *prismatic coefficient*. Selain itu juga akan dihitung besarnya LCB kapal dan juga displasemen kapal. Berikut merupakan hasil perhitungannya.

- Froude Number Dasar

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

$$= \frac{6.1728}{(9.81 \cdot 76)^{0.5}} \quad g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$= 0.214 \quad 0.15 \leq F_n \leq 0.3$$

- Block Coeffisien (Watson & Gilfillan) :

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

$$= 0.730$$

- Midship Section Coeffisien (Series 60')

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

$$= 0.988$$

- Waterplan Coeffisien

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

$$= 0.836$$

- Prismatic Coeffisien

$$C_p = C_b / C_m$$

$$= 0.739$$

- Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)

$$LCB = 8.80 - 38.9 F_n = 0.842 \%$$

$$= 41.589 \text{ LCB dari } A_p$$

- Volume dan Berat Displacement

$$\text{Volume} = L * B * T * C_B \qquad \Delta = L * B * T * C_B * \gamma$$

$$= 4567.497 \text{ m}^3 \qquad = 4681.684 \text{ ton}$$

IV.4.2. Perhitungan Hambatan dan Propulsi

Setelah dilakukan perhitungan koefisien selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan. Perhitungan ini menggunakan metode Holtrop, dimana hambatan yang akan dihitung antara lain, hambatan kekentalan (*viscous resistance*), hambatan bentuk (*resistance of appendages*), hambatan gelombang (*wave making resistance*) dan hambatan udara (*air resistance*). Dengan menggunakan metode Holtrop tersebut maka diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel IV.3 Rekap Perhitungan Hambatan dan Propulsi

Rekap Hambatan dan Propulsi		
Rt	108.97	kN
EHP	672.67	kW
DHP	1094.75	kW
BHP	1297.60	kW

Pada Tabel IV.3 diperoleh besarnya BHP adalah 1297.60 kW, dimana nilai BHP ini nantinya akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan mesin yang akan digunakan. Untuk detail perhitungan bisa dilihat pada lampiran D.

Tabel IV.4 Pemilihan Mesin Induk

Pemilihan Mesin Induk :			
Tipe	:	6L20	Wartsila
Daya [kW]	=	1440	kW
RPM	=	1000	rpm
Panjang	=	3973	mm
Lebar	=	1756	mm
Tinggi	=	2424	mm
Berat	=	11	ton

Pada Tabel IV.4 didapatkan spesifikasi mesin yang memenuhi kebutuhan daya dari kapal ini. Tipe mesin ini adalah 6L20 *Wartsila* yang didapat dari katalog-katalog mesin perkapalan.

IV.4.3. Perhitungan LWT dan DWT

Pada perhitungan displasemen kapal dilakukan perhitungan LWT dan DWT, dimana perhitungan LWT terdiri dari beberapa komponen seperti berat baja kapal, berat peralatan dan berat permesinan.

Sedangkan perhitungan DWT terdiri dari *payload*, berat, kebutuhan bahan bakar, kebutuhan minyak pelumas, kebutuhan air tawar, berat *provision*, berat orang dan bawaan.

Tabel IV.5 Hasil Perhitungan LWT dan DWT

LWT		
Berat Baja	=	1130.771 ton
Berat Peralatan	=	303.643 ton
Berat Permesinan	=	78.734 ton
Total LWT	=	1513.149 ton
DWT		
<i>Payload</i>	=	2873 ton
Berat Bahan Bakar	=	3.92 ton
Berat Minyak Pelumas	=	0.11 ton
Berat Air Tawar	=	5.25 ton
Berat <i>Provision</i>	=	0.20 ton
Berat Orang dan Bawaan	=	1.58 ton
Total DWT	=	2884.06 ton
LWT dan DWT	=	4397.206 ton
Displasemen (<i>Design</i>)	=	4681.684 ton
<i>Margin</i>	=	6.08 %

Dari Tabel IV.5 didapat LWT kapal sebesar 1513.149 ton. Sedangkan hasil perhitungan DWT kapal sebesar 2884.057 ton. Dari hasil tersebut diperoleh total berat dari LWT dan DWT kapal sebesar 4397.06 ton dan displasemen kapal yang didesain sebesar 4681.68 ton sehingga didapat margin sebesar **6.08 %**. Nilai margin ini memenuhi karena *margin* yang diijinkan sebesar 2%-10%. Perhitungan lengkapnya bisa dilihat pada lampiran A.

IV.4.4. Perhitungan Titik Berat Kapal

Dalam perhitungan ini yang dihitung adalah titik berat masing-masing komponen yang terdapat dalam LWT dan DWT. Berikut ini merupakan hasil rekapitulasi berat dan titik berat dari komponen LWT dan DWT kapal.

Tabel IV.6 Rekapitulasi Titik Berat LWT

Light Weight Tonnes (LWT)			
• Steel Weight			
	$W_{ST} =$	1130.771	ton
	$KG =$	6.389	m
	$LCG \text{ dr FP} =$	36.269	m
• Equipment & Outfitting Weight			
	$W_{E\&O} =$	303.643	ton
	$KG_{E\&O} =$	10.235	m
	$LCG \text{ dr FP} =$	50.622	m
• Machinery Weight			
	$W_M =$	78.734	ton
	$KG =$	3.580	m
	$LCG \text{ dr FP} =$	72.710	m
Dead Weight Tonnes (DWT)			
• Consumable Weight			
	$W_{consum} =$	11.057	ton
	$KG =$	7.306	m
	$LCG \text{ dr FP} =$	67.962	m
• Payload			
	$W_{payload} =$	2873	ton
	$KG =$	$(H - H_{db}) * 0.5 + H_{db}$	
		$= (13.392 - 1.2) * 0.5 + 1.2$	
		$= 7.296$	m
	$LCG \text{ dr FP} =$	$0.51 * LRM + Lch$	
		$= 0.51 * 87 + 6.8$	m
		$= 39.290$	m

Pada Tabel IV.6 didapat titik berat masing-masing komponen dari LWT dan DWT menggunakan rumus yang ada pada bab metodologi penelitian. Dari hasil yang sudah dihitung maka didapat titik berat kapal secara keseluruhan, dimana nilai KG (*keel to gravity*) sebesar 7.2 m dan nilai LCG (*longitudinal center of gravity*) dari FP sebesar 39.97 m. Detail perhitungan bisa dilihat pada Lampiran A.

IV.4.5. Perhitungan *Tonnage*

Tonase kapal merupakan perhitungan volume semua ruangan yang terletak di bawah geladak kapal ditambah dengan volume ruangan tertutup yang terletak di atas geladak ditambah dengan isi ruangan beserta semua ruangan tertutup yang terletak di atas geladak paling atas (*superstructure*). Berikut merupakan perhitungan tonase CNG *carrier* ini.

H =	8.000	m
T =	5.000	m
V _{poop} =	317.520	m ³
V _{forecastle} =	119.952	m ³
V _{deckhouse} =	511.848	m ³
Z _C =	21.186	orang
N ₁ =	2	(Asumsi penumpang dalam kabin 2 orang (tidak boleh lebih dari 8 penumpang))
N ₂ =	21	(jumlah penumpang yang lain)
∇ =	4567.497	m ³
Δ =	4681.684	ton

Perhitungan :

Gross Tonnage

V_U = Volume dibawah geladak cuaca

$$= 7139.57 \text{ m}^3$$

V_H = Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca

$$= 949.32 \text{ m}^3$$

$$V = 8088.89 \text{ m}^3$$

$$K_1 = 0.2 + 0.02 * \text{Log}_{10}(V)$$

$$= 0.28$$

$$\mathbf{GT = 2249.99 \text{ ton}}$$

Net Tonnage

$$V_C = 7267.975 \text{ m}^3$$

$$K_2 = 0.2 + 0.02 * \text{Log}_{10}(V_C)$$

$$= 0.277$$

$$K_3 = 1.25 * [(GT + 10000) / 10000]$$

$$= 1.531$$

$$a = K_2 * V_C * (4d/3D)^2$$

$$= 1399.228$$

$$\mathbf{a \geq 0.25GT = \text{yes} \quad 0.25 GT = 562.4968}$$

$$\mathbf{NT = a + K_3 * (N_1 + N_2 / 10)}$$

$$= 1405.506 \text{ ton}$$

$$\mathbf{NT \geq 0.30 GT = \text{yes} \quad 0.30 GT = 674.9962}$$

Karena nilai *net tonnage* melebihi nilai 0.30 GT maka nilai NT yang digunakan sebesar 1405.506 ton.

IV.4.6. Perhitungan Trim

Trim merupakan perbedaan tinggi antara sarat depan dan sarat belakang. Trim dibagi menjadi 2 antara lain:

1. Trim Haluan yaitu sarat depan lebih besar dibanding sarat belakang.
2. Trim Buritan yaitu sarat belakang lebih besar dibanding sarat depan.

Adapun batasan untuk *trim* didasarkan pada selisih harga mutlak antara LCG dan LCB dengan batasan $\leq 0.5\%$ Lpp. Apabila perhitungan tidak memenuhi syarat, maka dapat diperbaiki dengan cara menggeser letak tangki-tangki yang telah direncanakan sebelumnya pada gambar rencana umum awal atau mengubah volume tangki-tangki pada *loadcase stability*.

Tabel IV.7 Rekapitulasi Batasan Trim

No	Kondisi	Batasan	Nilai	Status
1	Loadcase 1	0.409	0.220	Diterima
2	Loadcase 2	0.409	0.322	Diterima
3	Loadcase 3	0.409	0.274	Diterima
4	Loadcase 4	0.409	0.197	Diterima
5	Loadcase 5	0.409	0.308	Diterima
6	Loadcase 6	0.409	0.259	Diterima
7	Loadcase 7	0.409	0.384	Diterima
8	Loadcase 8	0.409	0.277	Diterima
9	Loadcase 9	0.409	0.241	Diterima

Pada Tabel IV.7 dimana nilai-nilai trim yang didapat pada masing-masing *loadcase* hasilnya berbeda. Hal ini dikarenakan volume tanki pada masing-masing *loadcase* besarnya berbeda. Pada desain kapal ini terdapat 9 *loadcase* yang digunakan untuk menghitung batasan trim dan stabilitas. Banyaknya *loadcase* ini dipengaruhi oleh besarnya muatan dan bahan. Untuk kondisi muatan ada 3 yaitu:

1. Kondisi 100%, dimana kapal membawa 100% muatan berupa kotainer, tabung dan CNG dari Gresik ke Lombok.
2. Kondisi 85%, dimana gas yang dibawa kapal sudah diambil dan hanya membawa kontainer dan tabung kosong dari Lombok ke Gresik.
3. Kondisi 0%, dimana semua muatan diambil dan tidak membawa muatan dari Lombok ke Gresik. Hal ini terjadi sekali hanya pada saat pengiriman CNG pertama.

Untuk kondisi bahan bakar ada 3 yaitu:

1. Kondisi 100%, saat kapal mulai berangkat.
2. Kondisi 50%, saat kapal sudah melewati setengah pelayaran.
3. Kondisi 0%, saat kapal sampai di tempat tujuan.

Dari kombinasi kondisi muatan dan bahan bakar yang ada maka ada 9 *loadcase* yang harus dihitung untuk keadaan trimnya. Berikut merupakan *loadcase* yang harus dihitung.

1. *Loadcase* 1 merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 100%.
2. *Loadcase* 2 merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 50%.
3. *Loadcase* 3 merupakan kasus di mana muatan 100% dan bahan bakar 10%.
4. *Loadcase* 4 merupakan kasus di mana muatan 85% dan bahan bakar 100%.
5. *Loadcase* 5 merupakan kasus di mana muatan 85% dan bahan bakar 50%.
6. *Loadcase* 6 merupakan kasus di mana muatan 85% dan bahan bakar 10%.
7. *Loadcase* 7 merupakan kasus di mana muatan 0% dan bahan bakar 100%.
8. *Loadcase* 8 merupakan kasus di mana muatan 0% dan bahan bakar 50%.
9. *Loadcase* 9 merupakan kasus di mana muatan 0% dan bahan bakar 10%.

IV.4.7. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul atau *freeboard* merupakan daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan, baik keselamatan *crew*, muatan, dan kapal itu sendiri. Besarnya nilai *freeboard* diukur dari jarak secara vertikal pada bagian midship kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area midship. Perhitungan *freeboard* ini berdasarkan aturan yang terdapat pada *International Convention on Load Lines 1966 and Protocol of 1988 (ICLL 1966)*. Perhitungan ini disesuaikan dengan tipe kapal, dimana untuk CNG *carrier* ini merupakan kapal tipe B. Koreksi yang dihitung diantaranya koreksi standar *freeboard*, koreksi *depth*, koreksi Cb, koreksi bangunan atas, dan koreksi *sheer*.

Input Data :

$$Lwl = 86.016 \text{ m (pada } 0.85 D)$$

$$96\% Lwl = 82.58 \text{ m, } Lpp = 81.8 \text{ m diambil nilai terbesar sehingga}$$

$$L = 82.58 \text{ m} \quad l_{\text{poop}} = 18.00 \text{ m}$$

$$B = 14.70 \text{ m} \quad l_{\text{FC}} = 6.80 \text{ m}$$

$$D = 8.00 \text{ m} \quad S = l_{\text{Poop}} + l_{\text{FC}}$$

$$d_1 = 85\% \text{ Moulded Depth} = 14.4 + 7.1$$

$$= 6.80 \text{ m} = 24.80 \text{ m}$$

$$CB = 0.55$$

Tipe kapal = Type B

Perhitungan :

• *Freeboard Standard*

L1 (m) \Rightarrow Fb (mm)

82 \Rightarrow 923

83 \Rightarrow 942

interpolasi

81.80 \Rightarrow 933.9 mm

\Rightarrow 0.933 m

• Koreksi

1. Koreksi *Depth* (D)

Untuk kapal dengan harga $D > L/15$ maka dikoreksi sebagai berikut :

$Fb1 = R(D-L/15)$ [mm]

$R = 250$ (untuk $L > 120m$)

$= 170$ m

$Fb1 = 429.216$ mm Jika $D < L/15$ tidak ada koreksi

2. Koreksi *Cb*

$L = 82.575$ m

$B = 14.700$ m

$D = 8.000$ m

$d1 = 85\%$ *Moulded Depth*

$= 6.80$ m

$CB = 0.553$ karena $Cb < 0.68$ maka harga *freeboard* tetap

$Fb2 = 0$

3. Koreksi Bangunan Atas (*Super Structure*)

<i>Forecastle</i>		<i>Poop</i>	
lFC = 6.80	m	lpoop =	18.00 m
hsFC = 1.86	m	hs poop =	0.93 m
hFC = 2.40	m	hpoop =	2.4 m
lsFC = 6.80	m	lspoop =	18.00 m

Effective Length Super Structure

$$\begin{aligned} E &= l_{sFC} + l_{sPoop} \\ &= 24.80 \text{ m} \end{aligned}$$

$$E[x.L] = 0.3$$

$$\%F_b = 31\%$$

Superstructure

$$F_{b3} = -290 \text{ mm}$$

Total Freeboard

$$\begin{aligned} F_{b'} &= F_b + F_{b1} + F_{b2} + F_{b3} \\ &= 1073.63 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$F_{b'} = 1.074 \text{ m}$$

• *Minimum Bow height*

$$CB \text{ kapal sampai upper deck} = CB \text{ kapal} / L * B * d_1 = 0.56$$

$$\begin{aligned} B_{wm} &= 56L \left(1 - \frac{L}{500} \right) \left(\frac{1.36}{C_b + 0.68} \right) \\ &= 4256.949 \text{ mm} \\ &= 4.257 \text{ m} \end{aligned}$$

• *Batasan Freeboard*

Actual Freeboard

$$\begin{aligned} F_{ba} &= H - T \\ &= 3.000 \text{ m} \end{aligned}$$

Kondisi $(F_{ba} - F_{b'}) = \text{Accepted}$ (karena $F_{ba} > F_{b'}$ maka *Accepted*)

- Minimum *Bow Height*

$$F_{ba} + S_f + h_{FC} = 5.400 \text{ m}$$

Kondisi *Minimum Bow Height = Accepted*

(jika nilai dari $F_{ba} + S_f + h_{FC} > B_{wm}$, maka *Accepted*)

Tabel IV.8 Rekapitulasi *Freeboard*

Rekapitulasi Freeboard			
No	Item	Hasil	Satuan
1	Tipe Kapal	Tipe B	
2	<i>Freeboard Standard</i>	933	mm
Koreksi-Koreksi			
3	Koreksi <i>depth</i>	429.216	mm
	Koreksi Cb	0	mm
	Koreksi Bangunan Atas	-290	mm
	Koreksi <i>Sheer</i>	0	mm
	<i>Freeboard Total</i>	1074	mm
	<i>Actual Freeboard</i>	3000	mm

Seperti dilihat pada tabel IV.8 nilai koreksi *freeboard* kurang dari nilai aktual *freeboard* sehingga untuk kapal ini sudah memenuhi persyaratan lambung timbul yang terdapat pada ICLL 1966.

IV.4.8. Perhitungan Stabilitas

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

Pada perhitungan trim sebelumnya sudah dijelaskan bahwa ada 9 *loadcase* yang akan dihitung stabilitasnya. Tabel IV.9 merupakan hasil rekapitulasi stabilitas pada *maxsurf*.

Tabel IV.9 Rekapitulasi Stabilitas Kapal

Data	e_{0-30° (m.deg)	e_{0-40° (m.deg)	e_{30-40° (m.deg)	h_{30° (m.deg)	θ_{\max} (deg)	GM_0 (m)
Loadcase 1	14.475	26.751	12.276	1.402	45.600	1.557
Loadcase 2	13.974	25.712	11.738	1.326	44.700	1.487
Loadcase 3	15.360	27.970	12.610	1.429	45.600	1.669
Loadcase 4	13.218	24.061	10.843	1.204	44.700	1.393
Loadcase 5	13.208	23.731	10.523	1.154	43.800	1.397
Loadcase 6	13.670	24.326	10.656	1.162	44.700	1.462
Loadcase 7	24.817	43.521	18.704	2.193	50.900	2.921
Loadcase 8	24.484	42.873	18.390	2.148	50.900	2.880
Loadcase 9	24.806	43.400	18.594	2.174	50.900	2.924
Criteria Intact Stability	≥ 3.1513	≥ 4.8702	≥ 1.7189	≥ 0.2	≥ 15	≥ 0.15
Kondisi	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA	DITERIMA

Keterangan:

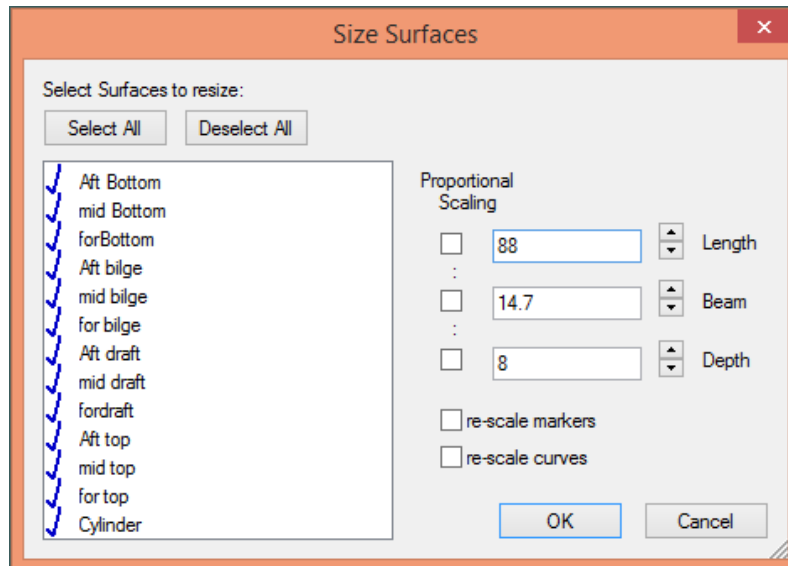
- e_{0-30° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 30° sudut oleng.
- e_{0-40° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 40° sudut oleng.
- e_{30-40° adalah luasan bidang yang terletak di bawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng 30° dan 40° .
- h_{30°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

Dapat dilihat pada Tabel IV.9 semua *loadcase* memenuhi semua kriteria yang ada, sehingga perhitungan stabilitas untuk kapal ini sudah memenuhi persyaratan IS Code. Untuk lebih detail stabilitas kapal bisa dilihat pada Lampiran A.

IV.5. Pembuatan *Lines Plan*

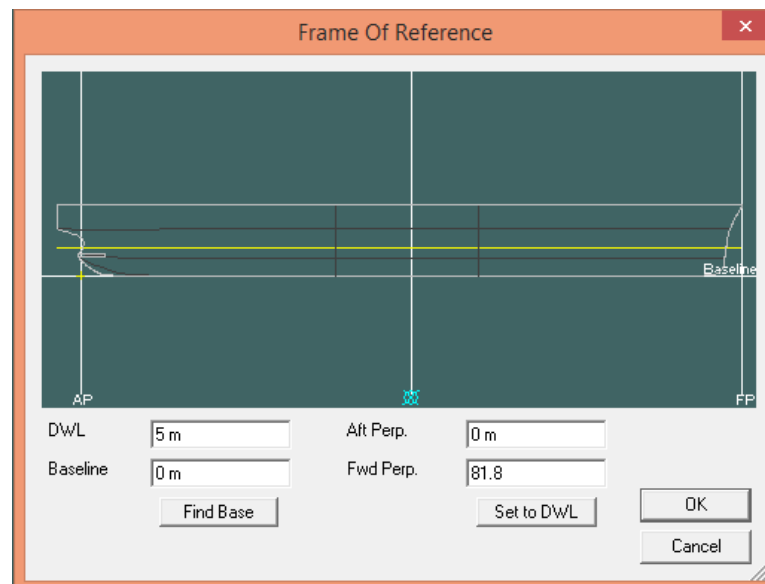
Proses pembuatan *Lines Plan* ini dibantu dengan menggunakan *software Maxsurf Modeler*. Untuk awalnya akan digunakan *sample design* yang sudah ada, kemudian *sample design* tersebut diatur sedemikian mungkin sehingga nilai-nilai yang ada di perhitungan koefisien bisa mendekati (memiliki ukuran utama, Cb, Cp, LCB, dan dispalsemen yang sama) dan juga memiliki bentuk kapal yang bagus.

Setelah *sample design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, tinggi kapal. Panjang yang ditentukan adalah LoA agar Lpp kapal bisa diatur sehingga sesuai dengan ukuran yang ada. Cara menentukannya yaitu pada menu *surface->size surface* kemudian akan muncul kotak dialog seperti Gambar IV.3 di bawah ini.



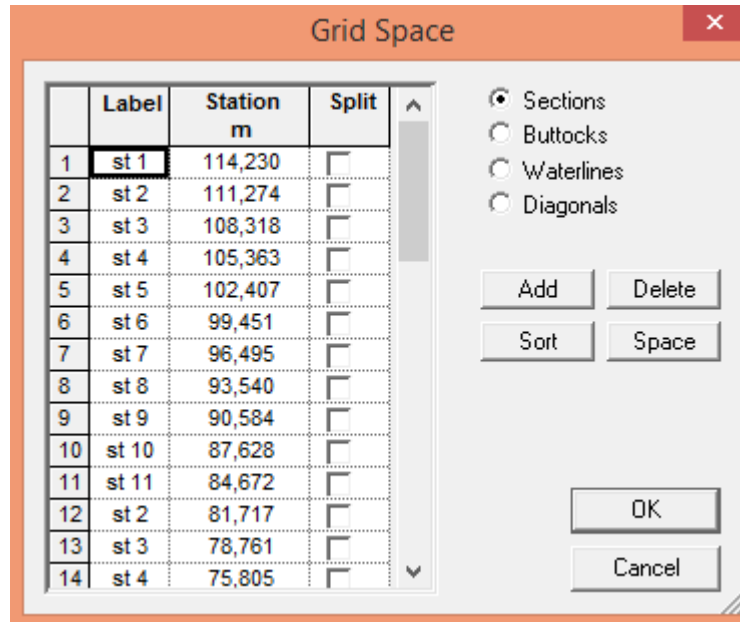
Gambar IV.3 *Size Surface*

Selanjutnya menentukan sarat dan Lpp kapal sesuai dengan nilai pada perhitungan dengan cara menekan menu *Data->Frame of reference* seperti pada Gambar IV.4.



Gambar IV.4 *Frame of Reference*

Untuk mengatur jumlah dan letak station, *buttock line* dan *water line* dilakukan dengan membuka menu *Data->Grid spacing* sehingga muncul kotak dialog seperti Gambar IV.5.



Gambar IV.5 Grid Spacing

Selanjutnya mengakses menu *Data->Calculate hydrostatic* untuk melihat nilai-nilai yang perlu disesuaikan. Apabila data belum sesuai maka harus dilakukan perubahan pada model namun jika data sudah sesuai seperti Gambar IV.6 maka model tersebut bisa langsung diexport dalam format *dxf 2D* untuk diperbaiki di *software Auto Cad*.

Hydrostatics at DWL ✕

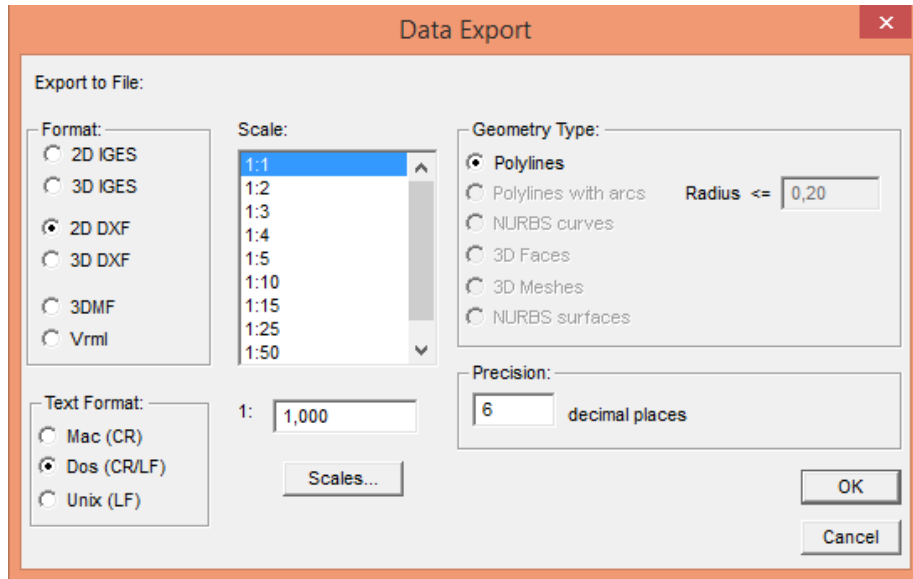
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	4681,149	tonne
2	Volume	4566,975	m ³
3	Draft to Baseline	5	m
4	Immersed depth	5	m
5	Lwl	85,072	m
6	Beam wl	14,7	m
7	WSA	1682,914	m ²
8	Max cross sect area	72,824	m ²
9	Waterplane area	1025,814	m ²
10	Cp	0,737	
11	Cb	0,73	
12	Cm	0,991	
13	Cwp	0,82	
14	LCB from zero pt	42,997	m
15	LCF from zero pt	40,729	m
16	KB	2,59	m
17	KG	0,723	m
18	BMt	3,536	m
19	BMI	96,759	m
20	GMT	5,403	m
21	GMI	98,626	m
22	KMt	6,126	m
23	KMI	99,349	m
24	Immersion (TPc)	10,515	tonne/cm
25	MTc	56,441	tonne.m
26	RM at 1deg = GMT.Di	441,397	tonne.m
27	Precision	Medium	50 station

Density Recalculate

VCG Close

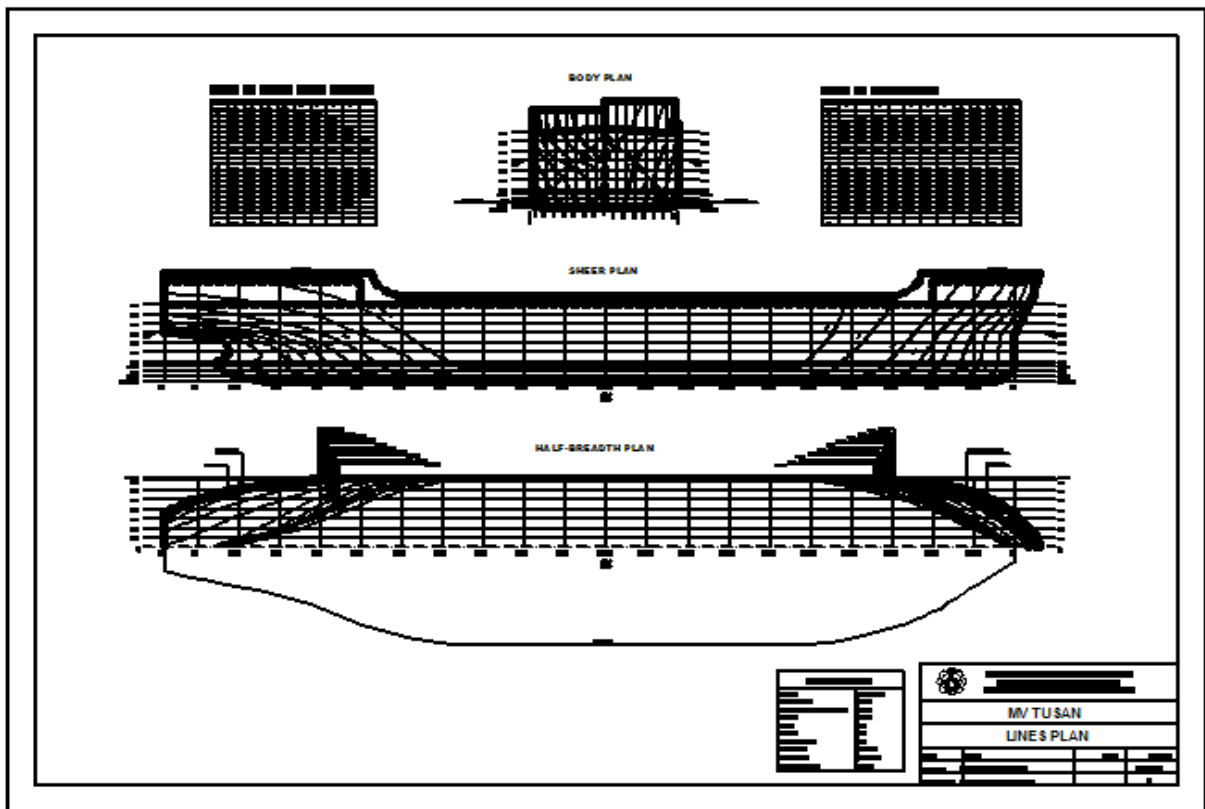
Gambar IV.6 Data Hidrostatik

Untuk menyimpan model dalam format *dxf* bisa dilakukan dengan melihat salah satu pandangan kemudian pilih menu *file->export->DXF and IGES*. Dan akan muncul kotak dialog seperti Gambar IV.7 selanjutnya pilih format *2D DXF* dan *text format DOS*.



Gambar IV.7 Data Export

Setelah semua pandangan (*body plan, sheer plan, halfbreadth plan*) diexport ke dalam format *dxf*, selanjutnya dilakukan penggabungan ketiga pandangan tersebut dan dilakukan proses *editing* untuk mendapat rencana garis yang lebih bagus. Terakhir file yang sudah selesai diedit kemudian disimpan dalam bentuk format *dwg* seperti Gambar IV.8. Untuk lebih jelasnya Rencana Garis CNG *carrier* ini dapat dilihat pada Lampiran B.



Gambar IV.8 Lines Plan CNG Carrier

IV.6. Pembuatan *General Arrangement*

Gambar Rencana Umum dibuat menggunakan gambar Rencana Garis yang ada, diambil bagian terluar dari Rencana Garis. Dalam proses pembuatan desain Rencana Umum CNG *carrier*, sepenuhnya menggunakan *software Auto Cad 2007*. Diawali dengan penentuan jarak gading, untuk kapal ini diambil jarak gading sebesar 600 mm.

IV.6.1. Penentuan Posisi Sekat

Selanjutnya peletakan sekat-sekat utama meliputi Untuk kapal yang memiliki panjang $65 < L < 85$ maka minimal sekat yang diperbolehkan sebanyak 4 sekat. Dan untuk kapal ini akan dibuat sebanyak 5 sekat diantaranya sekat tubrukan, sekat depan kamar mesin, sekat belakang kamar mesin dan 2 sekat ruang muat. Sekat tubrukan diposisikan pada jarak 6.8 m dari FP karena hasil perhitungan sekat tubrukan maksimal berjarak 7.09 m dari FP ($0.08 L_c + 3$ m) berdasarkan rule BKI. Lalu sekat depan kamar mesin berposisi di 63.8 m dari FP, sekat belakang kamar mesin atau sekat pemisah antara ruang mesin dengan *steering gear room* berada di posisi 6 meter dari AP. Sedangkan untuk sekat ruang muat diletakkan pada posisi 39 m dan 57 m dari AP.

IV.6.2. Ruang Akomodasi

Dalam menentukan jumlah anak buah kapal harus seefisien mungkin, karena hal ini mempengaruhi besar kecilnya ruangan dan terbatasnya jumlah persediaan bahan makanan dan air tawar. Pada CNG *carrier* ini jumlah anak buah kapal sebanyak 21 orang dengan rincian pembagian ruangan tempat tidur adalah sebagai berikut:

1. *Main deck*

Pada *main deck* ada 10 orang yang ditempatkan diantaranya 2 cadet, 2 *seaman*, 2 *steward*, 1 *oiler*, 1 *foreman*, dan 2 *assistant cook*.

2. *Boat deck*

Pada *boat deck* ada 8 orang yang ditempatkan diantaranya 1 *electrician*, 1 *doctor*, 1 *chief cook*, 1 *boatswain*, *third officer*, *third engineer*, *second officer* dan *second engineer*.

3. *Bridge deck*

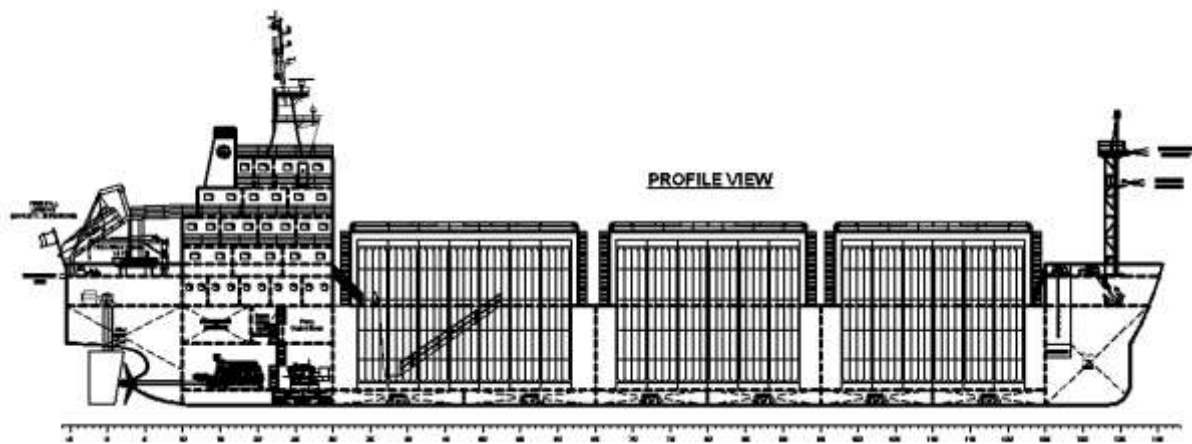
Pada *bridge deck*, hanya ada 3 orang yang ditempatkan diantaranya *chief officer*, *chief engineer* dan *captain*.

IV.6.3. Penentuan Tanki-Tanki

Selanjutnya adalah penentuan tanki-tanki yang akan digunakan di dalam kapal. Beberapa tanki yang dimaksud adalah tanki *fuel oil*, *fresh water*, *lubricate oil* dan *diesel oil* diletakkan di *tween deck*. Tanki *dirty oil* dan *dirty water* diletakkan di *double bottom* di bawah kamar mesin. Dan yang terakhir tanki-tanki ballast diletakkan di bawah ruang muat.

IV.6.4. Profile View

Pada proses pembuatan Rencana Umum dilakukan proyeksi tampak samping dari CNG carrier ini. Detail Rencana Umum tampak samping bisa dilihat pada gambar IV.8 berikut.

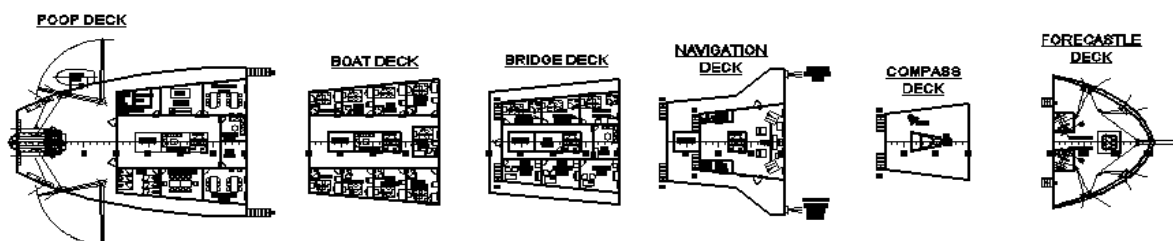


Gambar IV.9 Side Elevation Rencana Umum

Proyeksi tampak samping pada Gambar IV.9 menunjukkan ruang muat terbagi oleh 2 sekat melintang sehingga ada 3 ruang muat yaitu ruang muat pertama (gading 30 – gading 65), ruang muat kedua (gading 65 – gading 95) dan ruang muat ketiga (gading 95 – gading 125).

IV.6.5. Bangunan Atas (Superstructure) dan Rumah Geladak (Deck House)

Pada umumnya Rencana Umum untuk bangunan atas dan rumah geladak diproyeksikan tampak atas. Ada 2 bangunan atas dan 4 rumah geladak pada CNG carrier ini, diantaranya *poop deck*, *forecastle deck*, *boat deck*, *bridge deck*, *navigation deck*, dan *top deck* seperti pada Gambar IV.10.



Gambar IV.10 Rencana Umum Bangunan Atas dan Rumah Geladak

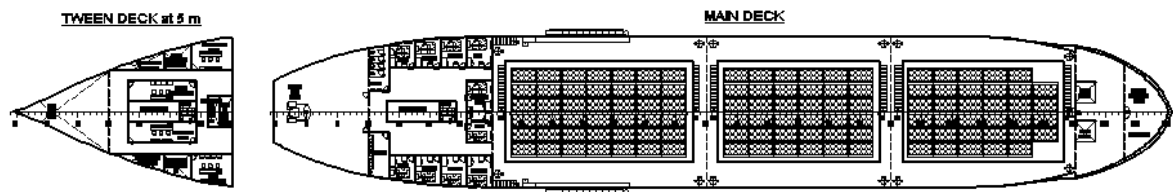
Pada bagian *poop deck* terdapat 9 ruangan diantaranya *provision store*, *galley*, 2 ruangan *crew mess room*, *day room*, *smoking room*, *pray room*, *meeting room*, *toilet*.

Pada bagian *boat deck* terdapat 10 ruangan diantaranya *day room*, *clinic room*, 1 kamar untuk *electrician*, *doctor*, *chief cook*, *boatswain*, *third officer*, *third engineer*, *second officer* dan *second engineer*. Pada geladak ini terdapat dua *rescue boat* dan 2 *provision crane* untuk mengangkut kebutuhan anak buah kapal yang terpasang masing masing 1 buah pada bagian *portside* dan *starboard*. Pada bagian belakang geladak ini dipasang *freefall lifeboat* dengan kapasitas 25 orang.

Pada bagian *bridge deck* secara umum adalah ruang akomodasi untuk kapten, *chief officer* dan *chief engineer* yang dilengkapi dengan *office room*, *rest room*, kamar tidur, kamar mandi dan *pray room*.

IV.6.6. Geladak Utama (*Main Deck*) dan Geladak Kedua (*Tween Deck*)

Geladak utama dan kedua diproyeksikan tampak atas pada Rencana Umum CNG *carrier* ini seperti pada Gambar IV.11.



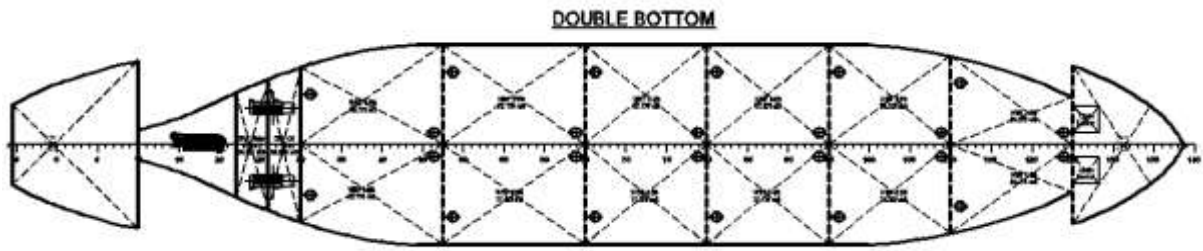
Gambar IV.11 Rencana Umum Geladak Utama dan Geladak Kedua

Di geladak utama terdapat 12 ruangan diantaranya 2 kamar *assistant cook*, 2 kamar *cadet*, 2 kamar *seaman*, 2 kamar *steward*, 1 kamar *foreman*, 1 kamar *oiler*, *toilet* dan ruangan untuk *laundry*. Di bawah *forecastle deck* ada 2 ruangan yaitu *general equipment* dan *paint room*.

Pada geladak kedua terdapat 4 ruangan diantaranya *engine control room*, *ballast water control room*, *cargo control room* dan *pump control room*. Juga ada 4 tanki pada geladak ini yaitu *lubricate oil*, *diesel oil*, *fresh water* dan *fuel oil tank*.

IV.6.7. Double Bottom

Double bottom pada kapal ini diproyeksikan tampak atas seperti pada Gambar IV.12, dimana tinggi *double bottom* sebesar 1.2 meter dari *keel*.

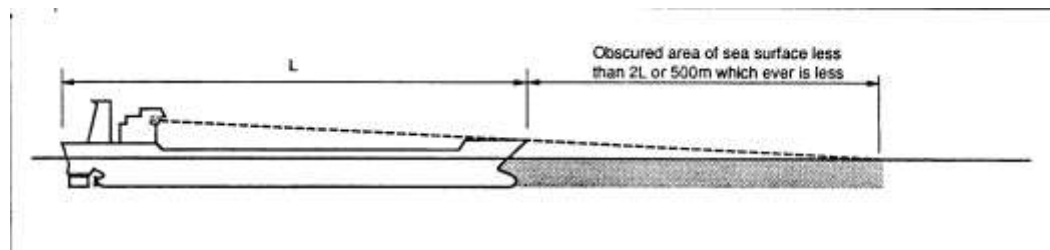


Gambar IV.12 Rencana Umum *Double Bottom*

Pada Gambar IV.12 dapat dilihat bahwa *double bottom* di bawah ruang muat difungsikan sebagai tanki *ballast*. Dimana terdapat 6 tanki *ballast* pada bagian *starboard* dan 6 tanki *ballast* pada bagian *portside*. Selain itu juga ada tanki *dirty oil* dan *dirty wate*. Pada bagian belakang terdapat tanki ceruk buritan dan bagian depata terdapat tanki ceruk haluan. Untuk lebih jelasnya Rencana Umum CNG *carrier* ini dapat dilihat pada Lampiran C.

IV.7. Pemeriksaan *Navigation Bridge Visibility*

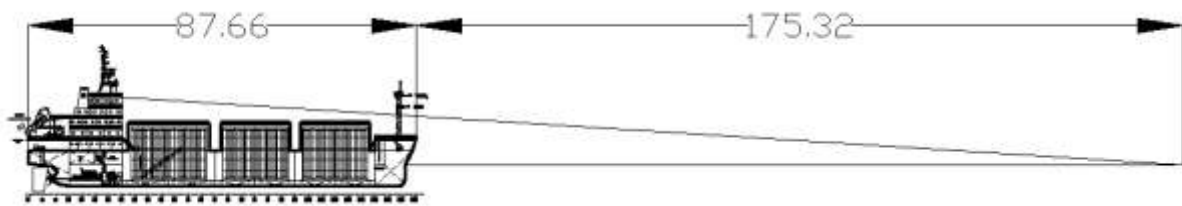
Menurut SOLAS Reg. V/22, kapal dengan panjang keseluruhan (Loa) 45 meter atau lebih yang dibangun pada atau sesudah 1 Juli 1998, pandangan terhadap permukaan laut dari posisi navigasi kapal tidak lebih dari dua kali panjang kapal (Loa), atau 500 meter, diambil yang lebih kecil seperti pada Gambar IV.13. Ketentuan ini untuk memastikan keleluasaan pandangan kapal terhadap kapal lain dengan ukuran lebih kecil yang kemungkinan ada di depan kapal, sehingga dapat menghindari terjadinya tabrakan.



Gambar IV.13 Aturan *Navigation Bridge Visibility*

Sumber: Rohmadhana, 2016

CNG *carrier* ini memiliki Loa sebesar 87.66 meter sehingga pandangan terhadap permukaan laut dari posisi navigasi kapal tidak lebih dari 175.32 meter. Dan dapat dilihat pada Gambar IV.14 posisi navigasi kapal untuk pandangan kedepan memenuhi ketentuan SOLAS Reg. V/22.



Gambar IV.14 Pandangan dari posisi navigasi kapal ke arah depan

IV.8. Pemodelan 3 Dimensi

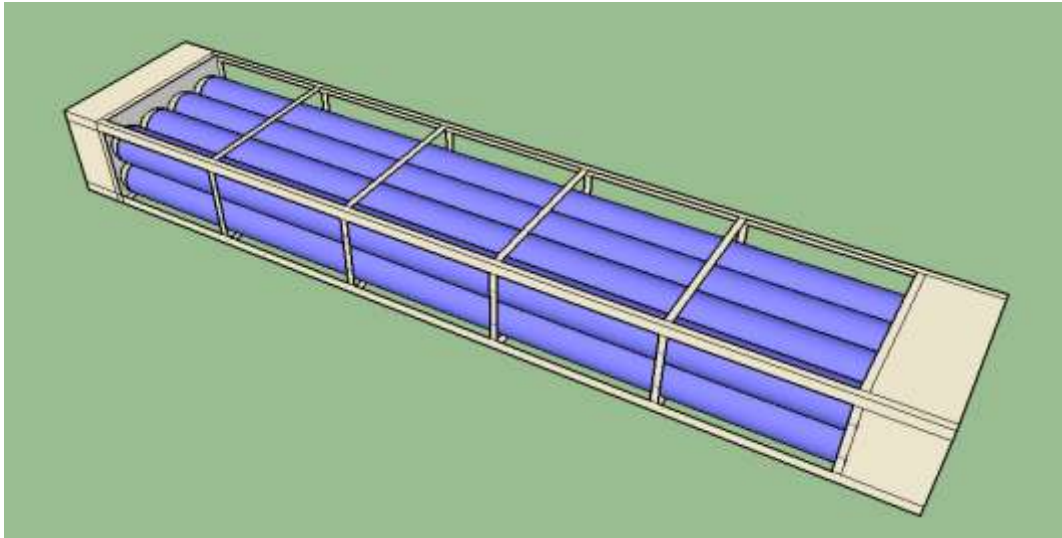
Setelah Rencana Umum dibuat, selanjutnya pemodelan 3D dapat dilakukan dengan pemroyeksian sesuai dengan Rencana Umum. Pengerjaan pemodelan 3D dibantu dengan dua *software* yaitu *Maxsurf* dan *Sketchup 2016*.

Pada tahap awal pemodelan lambung menggunakan *software Maxsurf Modeler*, hasil dari Rencana Garis dilihat proyeksi 3D dalam *maxsurf*. Setelah itu gambar 3D yang ada di *maxsurf* diexport dengan memilih menu *file -> export* kemudian pilih format 3D *dxf*, pilih *text format DOS* dan pada *geometry type* dipilih *3D Faces* dan selanjutnya disimpan. Pada pengerjaan pemodelan 3D di *maxsurf* didapat bentuk kapal dengan *hull*, *main deck*, *forecastle deck* dan *poop deck* seperti pada Gambar IV.15 berikut.



Gambar IV.15 Pemodelan 3D pada *Maxsurf*

Selanjutnya *software Sketchup 2016* dibuka dan kemudian *import file* yang disimpan sebelumnya. Langkah awal yang dikerjakan adalah pembuatan tabung dan kontainer sesuai dengan ukuran aslinya seperti pada Gambar IV.16.

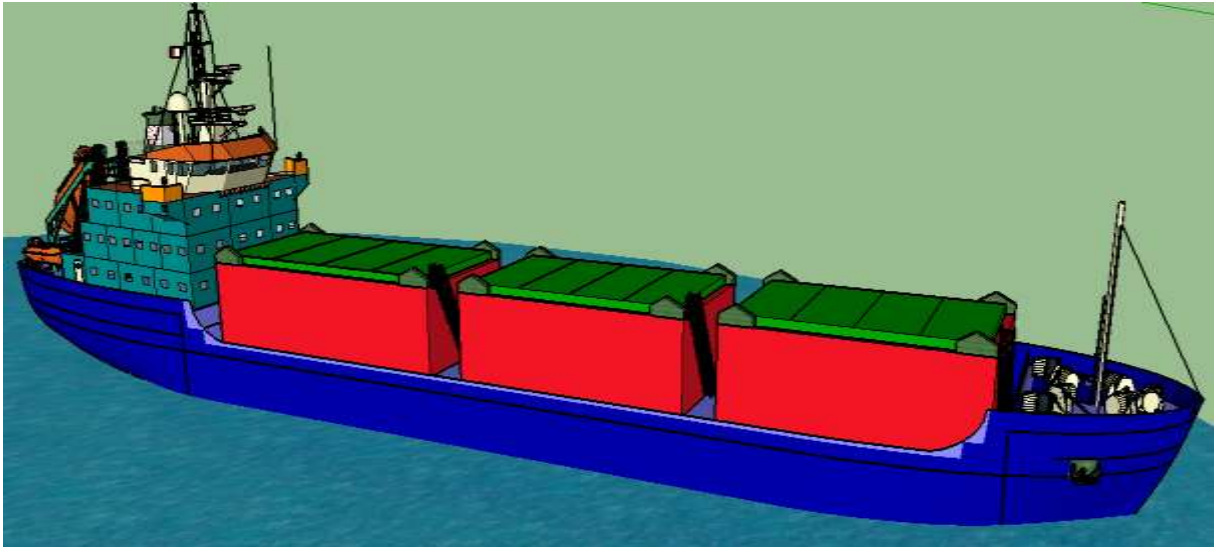


Gambar IV.16 Kontainer dan Tabung CNG

Selanjutnya membuat rumah geladak dan peralatan-peralatannya yang ditunjukkan pada Gambar IV.17.

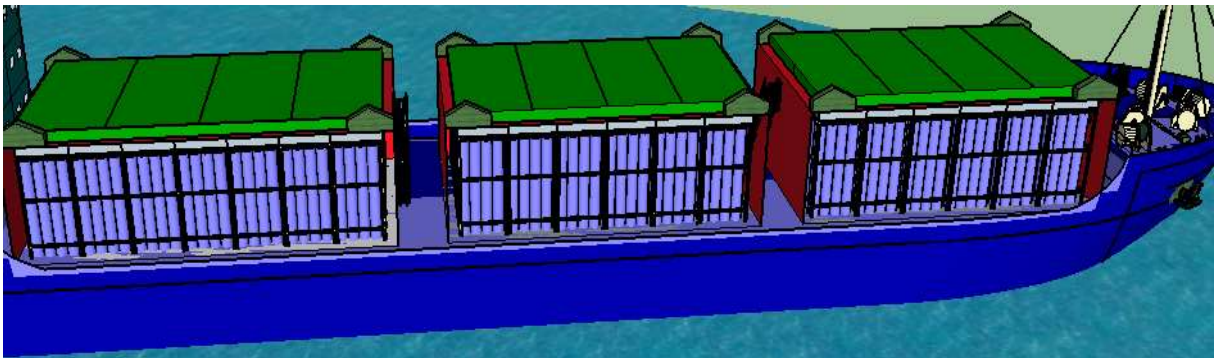


Gambar IV.17 Rumah Geladak dan Peralatannya



Gambar IV.18 CNG Carrier Tampak Samping

Tampak samping dari pemodelan CNG *carrier* ini ditunjukkan dengan Gambar IV.18, dimana terdapat 3 ruang muat dengan volume ruangan sampai di atas dek dan juga ditutup dengan penutup palkah jenis *pontoon cover*.



Gambar IV.19 Ruang Muat Tanpa Ambang Palkah

Dari Gambar IV.19 bisa dilihat apabila ambang palkah dihilangkan maka akan terlihat kontainer dan tabung CNG yang ditempatkan berdiri tanpa ada yang menumpuk. Untuk lebih jelasnya 3D model bisa dilihat pada Lampiran D.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V ANALISIS EKONOMIS

V.1. Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal

Dalam pembangunan sebuah kapal tentunya banyak pelat dan profil baja yang digunakan untuk membangun. Kuantitas total berat inilah yang sangat mempengaruhi biaya pembangunan kapal. Selain itu, faktor yang mempengaruhi biaya pembangunan kapal adalah permesinan, peralatan dan perlengkapan yang digunakan. Dalam Tugas Akhir ini biaya pembangunan kapal akan dihitung menggunakan acuan berat baja dan harga baja per ton, dimana berat baja untuk CNG *carrier* ini sebesar 1130.771 ton sedangkan harga baja per ton sebesar 714 USD dan bisa dilihat pada Gambar V.1.



STEELBENCHMARKER PRICES
May 23, 2016
dollars per metric tonne
(net ton) (gross ton) (Euros)

Region: USA, East of the Mississippi

Hot-rolled band:	684	(620)
Cold-rolled coil:	874	(793)
Standard plate:	714	(648)
#1 Heavy melting scrap:	239	[243]
Shredded scrap:	266	[270]
#1 Busheling scrap:	275	[279]

Gambar V.1 Harga pelat baja per ton

Untuk menentukan biaya komponen pelat baja diperoleh menggunakan persamaan berikut:

$$\text{\$ Steel Plate} = \text{WS} \times \text{UPS}$$

$$\text{WS} = \text{Steel Weight}$$

$$= 1130.771 \text{ ton}$$

$$\text{UPS} = \text{Unit Price for Steel}$$

$$= \$714.0 / \text{ton}$$

$$\text{\$ Steel Plate} = \$807,370.736$$

Selanjutnya biaya untuk komponen baja ini akan digunakan sebagai acuan untuk menentukan biaya dari komponen lainnya. Biaya dari komponen lainnya dicari menggunakan persentase seperti pada Tabel V.1. Dimana untuk menentukan biaya dari komponen lain digunakan persamaan sebagai berikut:

$$\text{\$ Detail} = (\% \text{ Detail} / \% \text{ Reference}) \times \text{\$ Reference}$$

Keterangan :

\\$ Detail = harga dari detail komponen yang akan dicari

% Detail = persentase detail komponen yang ingin dicari harganya

% Reference = persentase komponen baja yang dijadikan acuan

\\$ Reference = harga komponen baja yang dijadikan acuan

Tabel V.1 Tabel Estimasi Biaya Pembangunan Kapal Baru

Cost	Detail	%	\\$
DIRECT COST	1. Hull Part		
	1.a. Steel plate and profile	21.00	\$807,370.74
	1.b. Hull outfit, deck machinery and accommodation	7.00	\$269,123.58
	1.c. Piping, valves and fittings	2.50	\$96,115.56
	1.d. Paint and cathodic protection/ICCP	2.00	\$76,892.45
	1.e. Coating (BWT only)	1.50	\$57,669.34
	1.f. Fire fighting, life saving and safety equipment	1.00	\$38,446.23
	1.g. Hull spare part, tool, and inventory	0.30	\$11,533.87
	Subtotal (1)	35.30	\$1,357,151.76
	2. Machinery Part		
	2.a. Propulsion system and accessories	12.00	\$461,354.71
	2.b. Auxiliary diesel engine and accessories	3.50	\$134,561.79
	2.c. Boiler and Heater	1.00	\$38,446.23
	2.d. Other machinery in in E/R	3.50	\$134,561.79
	2.e. Pipe, valves, and fitting	2.50	\$96,115.56

	2.f. Machinery spare part and tool	0.50	\$19,223.11
	Subtotal (2)	23.00	\$884,263.19
	3. Electric Part		
	3.a. Electric power source and accessories	3.00	\$115,338.68
	3.b. Lighting equipment	1.50	\$57,669.34
	3.c. Radio and navigation equipment	2.50	\$96,115.56
	3.d. Cable and equipment	1.00	\$38,446.23
	3.e. Electric spare part and tool	0.20	\$7,689.25
	Subtotal (3)	8.20	\$315,259.05
	4. Construction cost		
	Consumable material, rental equipment and labor	20.00	\$768,924.51
	Subtotal (4)	20.00	\$768,924.51
	5. Launching and testing		
	Subtotal (5)	1.00	\$38,446.23
	6. Inspection, survey and certification		
	Subtotal (6)	1.00	\$38,446.23
	TOTAL I (sub 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6)	88.50	\$3,402,490.96
INDIRECT COST	7. Design cost	3.00	\$115,338.68
	8. Insurance cost	1.00	\$38,446.23
	9. Freight cost, import duties, IDC, Q/A, guarantee engineer, handling fee, guarantee & warranty cost.	2.50	\$96,115.56
	TOTAL II (sub 7+ 8 + 9)	6.50	\$249,900.47
MARGIN	TOTAL III	5.00	\$192,231.13
GRAND TOTAL (I + II + III)		100.00	\$3,844,622.55

Sumber: PERTAMINA, 2007

Dapat dilihat pada Tabel V.1 bahwa total biaya pembangunan yang diperoleh sebesar 3,844,622.55 USD. Diketahui untuk harga 1 USD = Rp. 13.343,00 per 18 Mei 2017, sehingga untuk biaya total pembangunan sebesar **Rp 51,298,798,739**.

V.2. Perhitungan Biaya Operasional Kapal

Biaya operasional merupakan biaya yang harus dikeluarkan pemilik kapal secara rutin. Pada Tugas Akhir ini akan dihitung biaya operasional setiap tahunnya. Beberapa faktor yang mempengaruhi biaya operasional seperti, gaji komplemen kapal, perawatan kapal, asuransi kapal, kebutuhan bahan bakar, air tawar, perbekalan dan minyak pelumas. Untuk rincian biaya operasional kapal bisa dilihat pada Tabel V.2 di bawah ini.

Tabel V.2 Rincian Biaya Operasional Kapal

Biaya	Nilai	Unit
Gaji Komplemen Kapal		
Jumlah komplemen kapal	21	orang
Total Gaji komplemen kapal per bulan	Rp 472,000,000	per bulan
Total Gaji komplemen kapal per tahun	Rp 5,664,000,000	per tahun
Biaya Perawatan		
Diasumsikan 10% total dari <i>building cost</i>		
Total <i>maintenance cost</i>	Rp 5,129,879,874	per tahun
Asuransi		
Diasumsikan 1,5% total dari <i>building cost</i>		
Biaya asuransi	Rp 769,481,981	per tahun
Kebutuhan Bahan Bakar		
Marine Fuel Oil (MFO)		
Trip	115	trip per tahun
Harga MFO	Rp 5,800	per liter
Konsumsi MFO	16558	per trip per tahun
Biaya MFO	Rp 1,044,243,225.48	per tahun
Marine Diesel Oil (MDO)		
Trip	115	per tahun
Harga MDO	Rp 5,800	per liter
Konsumsi MDO	3312	per tahun
Biaya MDO	Rp 2,208,848,645.10	per tahun
Biaya Total MFO dan MDO	Rp13,253,091,870.58	per tahun
Kebutuhan Fresh Water		
Konsumsi Air Bersih	5,128	m3 per tahun
Biaya Air Bersih	16250	per m3
Biaya Total Air Bersih	Rp 83,324,292.19	per tahun

Perbekalan Dan Minyak Pelumas :		
$C_{Sup} = K1.N + K2 (Lpp.B.T)^{0.25} + K3.P_{MCR}^{0.7}$		
K1 =	3500	
K2 =	4000	
K3 =	200	
Estimasi biaya perbekalan dan minyak pelumas	\$ 149,050.74	per tahun
	Rp 1,988,783,967	per tahun

Tabel V.2 menunjukkan rincian biaya operasional kapal. Untuk biaya cicilan, bank yang digunakan adalah bank Mandiri dengan maksimum pinjaman adalah 65% dari biaya pembangunan kapal, sedangkan suku bunganya sebesar 13.5% per tahun sehingga cicilan per tahunnya sebesar Rp 12,837,524,384. Selanjutnya gaji komplemen diperoleh dari jumlah gaji per tahun masing-masing komplemen seperti pada tabel V.3 dengan total 2 *shift* pekerja yang digunakan.

Tabel V.3 Rincian Gaji Komplemen

No	Item	Person	monthly payment (Rp)/person	Annual payment (Rp)/person	monthly payment (Rp)	Annual payment (Rp)
1	Chief Cook	1	8,000,000	96,000,000	8,000,000	96,000,000
2	Assistant Cook	2	3,000,000	36,000,000	6,000,000	72,000,000
3	Oiler	1	3,000,000	36,000,000	3,000,000	36,000,000
4	Seaman	2	3,000,000	36,000,000	6,000,000	72,000,000
5	Steward	2	3,000,000	36,000,000	6,000,000	72,000,000
6	Cadet	2	2,000,000	24,000,000	4,000,000	48,000,000
7	Foreman	1	3,000,000	36,000,000	3,000,000	36,000,000
8	Electrician	1	5,000,000	60,000,000	5,000,000	60,000,000
9	Doctor	1	8,000,000	96,000,000	8,000,000	96,000,000
10	Boatswain	1	8,000,000	96,000,000	8,000,000	96,000,000
11	Third Officer	1	20,000,000	240,000,000	20,000,000	240,000,000
12	Third Engineer	1	23,000,000	276,000,000	23,000,000	276,000,000
13	Second Officer	1	24,000,000	288,000,000	24,000,000	288,000,000
14	Second Engineer	1	26,000,000	312,000,000	26,000,000	312,000,000
15	Chief Officer	1	27,000,000	324,000,000	27,000,000	324,000,000
16	Chief Engineer	1	29,000,000	348,000,000	29,000,000	348,000,000
17	Master/ Captain	1	30,000,000	360,000,000	30,000,000	360,000,000
TOTAL				2,700,000,000	236,000,000	2,832,000,000

Dari Tabel V.3 diperoleh gaji komplemen per tahun sebesar Rp 2,832,000,000, sedangkan dalam setahun akan digunakan 2 *shift* pekerja maka total biaya gaji komplemen

menjadi Rp 5664,000,000. Biaya perawatan dan asuransi kapal diasumsikan sebesar 10% untuk biaya perawatan dan 1,5% untuk biaya asuransi dari total biaya pembangunan.

Tabel V.4 Kebutuhan MFO dan MDO

Main Engine			
Fuel Oil			
SFR	=	0.000196 ton/kw/h	
MCR	=	1440 kW	
Margin	=	10% ; batas (5% ~ 10%)	
W_{FO}	=	$SFR \cdot MCR \cdot S / V_S \cdot (1 + Margin)$	
	=	14	ton
		16558.086	Liter
Auxiliary Engine			
• Diesel Oil			
C_{DO}	=	0.2 ton/m ³	(0.1 ~ 0.2)
W_{DO}	=	$w_{FO} \cdot C_{DO}$	
	=	2.815 ton	
	=	3312 Liter	

Tabel V.4 menunjukkan kebutuhan *fuel oil* dan *diesel oil* dalam sekali *round trip*. Dari kebutuhan tersebut dapat ditentukan biaya yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar dalam setahun.

Tabel V.5 Total Biaya Operasional

TOTAL OPERATIONAL COST		
Biaya	Nilai	Masa
Gaji Komplemen	Rp 5,664,000,000	per tahun
Biaya Perawatan	Rp 5,129,879,874	per tahun
Asuransi	Rp 769,481,981	per tahun
Biaya Kebutuhan Bahan Bakar	Rp 13,253,091,871	per tahun
Biaya Kebutuhan Air Bersih	Rp 83,324,292	per tahun
Biaya Perbekalan dan Perlengkapan	Rp 1,988,783,967	per tahun
Total	Rp 26,888,561,985	per tahun

Pada Tabel V.5 dapat dilihat total biaya operasional kapal yang harus dikeluarkan oleh pemilik kapal setiap tahunnya sebesar **Rp 26,888,561,985**.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

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

1. Berdasarkan data dari Keputusan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral Republik Indonesia Nomor 5899 K/20/MEM/2016 tentang Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d 2025. Dari data tersebut mengenai pasokan CNG yang dibutuhkan untuk pengoperasian PLTGU Lombok *Peaker* diperoleh *payload* sebesar 2873 ton.
2. Ukuran Utama CNG *Carrier* yang didesain yaitu:
 - Lpp (Panjang) = 81.8 m
 - B (Lebar) = 14.7 m
 - H (Tinggi) = 8 m
 - T (Sarat) = 5 mDesain Rencana Garis dan Rencana Umum sudah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.
3. Desain 3D Model sudah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.
4. Berdasarkan analisis ekonomis yang dilakukan, didapat biaya estimasi pembangunan CNG *carrier* ini sebesar Rp 51,298,798,739. Sedangkan untuk biaya operasional setiap tahunnya sebesar Rp 26,888,561,985.

VI.2. Saran

Dari hasil penelitian Tugas Akhir ini, terdapat beberapa saran yang bisa diberikan yaitu:

1. Perlu adanya tinjauan lebih rinci terhadap aspek konstruksi dan kekuatan CNG *carrier* ini, mengingat pada Tugas Akhir ini masih banyak digunakan perhitungan secara pendekatan.
2. Perlu dilakukan studi lanjut terkait teknis sistem penerimaan gasnya.
3. Perlu adanya perhitungan & analisis ekonomis yang riil terhadap anggaran pembangunan CNG *carrier* sehingga kapal ini dapat direalisasikan dan dapat menjadi solusi transportasi CNG di Indonesia.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Alibaba. (2016). *Electrical Equipment*. Retrieved April 26, 2017 from Alibaba web site: www.alibaba.com.
- Department of Naval Architecture and Shipbuilding Engineering ITS. (2009). Lecture Handout. *Ship Resistance and Propulsion*. Jakarta: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Detik. (2017). *Berita Ekonomi Bisnis*. Retrieved Juli 07, 2017, from Detik web site: <https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/3412334/terminal-peti-kemas-surabaya-tambah-3-container-crane-listrik-baru>
- Dinariyana, A. B. (2011). *Koefisien Bentuk dan Perbandingan Ukuran Utama*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Enersea. (2000). *CNG Technology*. Retrieved Nopember 13, 2016, from Enersea web site: <http://enersea.com/cng-technology/>
- Fathurahim, Gilang. (2010). Tugas Akhir. *Perancangan Barge Untuk Angkutan CNG (Compressed Natural Gas) Di Perairan Dangkal : Jalur Pelayaran Sembakung – Nunukan*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Hardjono, S. (2010). Identifikasi Rasio Parameter Kapal Penumpang Catamaran Berbahan FRP. *Jurnal BPPT*.
- International Maritime Organization. (2008). *Intact Stability (IS) Code*. London: IMO.
- International Maritime Organization. (2005). *International Convention on Load Line 1966*. London: IMO.
- ISO11439. (2000). *Gas Compression Solutions*. Retrieved Nopember 13, 2016, from ISO web site: <http://www.iso11439.com/faq.php>.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2016). *Pengesahan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (PERSERO) Tahun 2016 s.d 2025*. Jakarta: Kementerian ESDM
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM). (2014). *Potensi dan Peluang Investasi Sektor Energi dan Sumber Daya Mineral*. Jakarta: Kementerian ESDM.
- Keputusan Menteri Perhubungan Nomor : KM. 58. (2003). *Mekanisme Penetapan dan Formulasi Perhitungan Tarif Angkutan Penyeberangan*. Jakarta.
- Kharismarsono, I.H.A. (2017). Tugas Akhir. *Desain Kapal Destilator Crude Oil untuk Wilayah Perairan Laut Jawa*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kline. (2015). *Development of a Compressed Natural Gas Carrier*. Retrieved Nopember 14, 2016, from Kline web site: <http://www.kline.co.jp/en/service/energy/cng/detail.html>.
- Kompasiana. (2015, 10 20). *Mengintip Potensi Pelabuhan Lembar*. Retrieved Nopember 14, 2016, from Kompasiana web site: http://www.kompasiana.com/paeranbjti/mengintip-potensi-pelabuhan-lembar-2016_56fc151686afbd80088b4570.
- Kurniawati, H.A. (2013). *Statutory Regulation*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Lewis, Edward V. (1998). *Principle of Naval Architecture* (2nd ed, Vol. 2). SNAME: Jersey City.
- National Metal and Materials Technology Center. (2009, 02 27). *Boiler and Pressure Vessel, CNG Cylinders : Material and Production*. Jakarta.
- Parsons, M.G. (2001). *Parametric Design* (Chapter 11). Michigan, University of Michigan.
- Pelindo III. (2016). *Pelabuhan Gresik*. Retrieved Maret 25, 2017, from Pelindo III web site: <https://www.pelindo.co.id/profil-perusahaan/cabang-anak-perusahaan/cabang-perusa>

- haan/q/gresik dan <https://www.pelindo.co.id/profil-perusahaan/cabang-anak-perusahaan/cabang-perusahaan/q/pelabuhan-lembar>.
- Rohmadhana, Febriani. (2016). Tugas Akhir. *Analisis Teknis dan Ekonomis Konversi Landing Craft Tank (LCT) Menjadi Kapal Motor Penyeberangan (KMP) Tipe Ro-ro untuk Rute Ketapang (Kabupaten Banyuwangi) – Gilimanuk (Kabupaten Jembrana)*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Saputra, I Gede Hadi. (2016). Desain Kapal 3-in-1 Penumpang, Barang, Kontainer Rute Surabaya-Lombok. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Satrio, Firman Puji. (2016). Tugas Akhir. *Konsep Inovasi Desain Fish Carrier 200 GT Rute Palu - Surabaya*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Schneekluth, H. (1987). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Oxford: Elviesier group.
- Seputar Kapal. (2016). *Informasi Gaji Pelaut*. Retrieved Mei 28, 2017, from Seputar Kapal web site: <http://www.seputarkapal.com/2016/05/informasi-gaji-pelaut-terbaru.html>.
- Watson, G. (1998). *Practical Ship Design*. Oxford: Elsevier Science Ltd.
- Wikipedia. (2017). *Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap*. Retrieved Juni 02, 2017, from Wikipedia web site: https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_Listrik_Tenaga_Gas_dan_Uap

LAMPIRAN-LAMPIRAN

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS

Resistance of Appendages

- Wetted Surface Area *Principle of Naval Architecture Vol II hlm.101*
 $ABT =$ cross sectional area of bulb in FP

$$S = L(2T+B)C_M^{0.5} (0.4530+0.4425C_B -0.2862C_M -0.003467\frac{B}{T} +0.3696C_{wp}) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B}$$

$$= 1654.972$$

Biro Klasifikasi Indonesia 2006 Vol.II 14-1

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

$$= 14.315 \quad \text{Watson 1998, hal 254}$$

$$SBilge Keel = LKeel \cdot HKeel \cdot 4 \quad LKeel = 0.6 \cdot Cb \cdot L \quad HKeel = 1.8 / (Cb - 0.2)$$

$$= 48.661 \quad = 35.852 \quad = 0.339$$

$$Sapp = \text{total wetted surface of appendages}$$

$$= SRudder + SBilge Keel$$

$$= 62.976$$

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

$$= S + Sapp$$

$$= 1717.948$$

- Harga $1 + k_2$ *Principle of Naval Architecture Vol II hlm.102*

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

$$= 1.4 \quad \rightarrow \text{rudder of single screw ship}$$

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

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

$$= 1.254$$

Wave Making Resistance

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

$$= 3.065$$

$$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25 \quad B/L = 0.173$$

$$= 0.173$$

Even Keel → $T_a = T$ **Principle of Naval Architecture Vol II hlm.103**

$$T_f = T$$

$$iE = 12567 \frac{B}{L} - 162250 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left(LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T} \right)^3$$

$$= 27.765$$

• Harga m1

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

$$= -2.147$$

$$C_5 = 8.03798 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.9844 C_p \rightarrow C_p \leq 0.8$$

$$= 1.216$$

• Harga m2

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}} \quad F_n^{-3.29} = 160.364$$

$$e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0.00429$$

$$= -0.002903966$$

$$C_6 = -1.694 \rightarrow L^3 / \nabla \leq 512 = \frac{L^3}{\nabla} 134.797$$

• Harga λ

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

$$= 0.895$$

• Harga C2

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

• Harga C3

$$C_3 = 1 - 0.8 AT / (B \cdot T \cdot CM)$$

$$= 1 - 0.8 \cdot 8.16 / (19.2 \cdot 8.16 \cdot 0.987)$$

$$= 1$$

AT = 0
AT = the immersed area of the transom at zero speed

Saat V =

0, Transom tidak tercelup air

• Harga R_w/w

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

$$= 0.0006$$

• CA (Correlation Allowance)

$$CA = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205 \rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04$$

$$Tf/Lwl = 0.059$$

$$= 0.0006$$

• W (gaya berat)

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

$$= 45927.324 \quad N$$

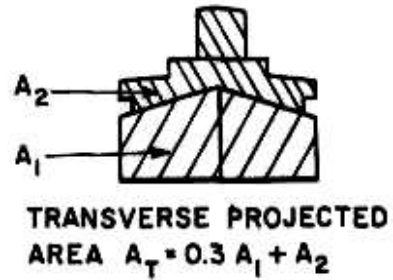
Air resistance

$$R_{AA} = 0.784 A_T (V_R)^2 \quad \text{Principle of Naval Architecture Vol II hlm.31}$$

A1 = luas body plan
 A2 = luas muatan diatas dek (A3) + luas rumah geladak diatas muatan (A4)
 A3 = 73.162 m²
 A4 = 50.040 m²

A1 = 117.600 m²
 A2 = 123.202 m²

AT = 158.482
 RAA = 4734.360 N
 4.734 kN



• Rtotal

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

$$= 94758.978 \text{ N}$$

$$= 94.759 \text{ kN}$$

• Rtotal+15%(margin)

$$= 108.973 \text{ kN}$$

Propulsion & Power Calculation

Input Data :

R _T = 108.973	D = 2.288
P/D = 0.933	Z = 4
n (rpm) = 230.77	AE/AO = 0.55
n (rps) = 3.846	PE (kW) = 672.667
Fn = 0.214	ρ = 1.025
C _{0.7R} = 0.615690832	Rn propeler = 441915360.13

Perhitungan :

ω (Wake Friction)

$$\begin{aligned}
 C_v &= (1+k) \cdot C_{FO} + C_A && \Rightarrow \text{Viscous Resistance Coefficient} \\
 &= (1+k) \cdot C_{FO} + C_A \\
 &= 0.003
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \omega &= 0,3 C_B + 10 C_v \cdot C_B - 0,1 \quad \rightarrow \quad t = 0,1 \quad \text{dan} \quad \eta_R = 0,98 \quad \Rightarrow \text{Wave Friction } (\omega) \\
 &= 0,3 \cdot 0,724 + 10 \cdot 0,0023 \cdot 0,724 - 0,2 \\
 &= 0.139
 \end{aligned}$$

Propulsive Coefficient (η_D)

$$\begin{aligned}
 J &= \frac{V_A}{nD} && \omega_F = \frac{V - V_A}{V_A} && \Rightarrow \text{Speed of Advance } (V_A) \\
 &= \frac{6,46}{2,8846 \cdot 3,707} && = \frac{7,459 - 6,46}{6,46} && V_A = V (1 - \omega) \\
 &= 0.604 && = 0.161 && = 7,459(1 - 0,134) \\
 &&&&& = 5.316
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_D &= \frac{J}{2\pi} \cdot \frac{K_T}{K_Q} && \text{---> Open Water Test Propeller Efficiency} \\
 &= 0.6 && \rightarrow \text{berdasarkan pengalaman}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_H &= \frac{1 - t}{1 - \omega} && \rightarrow \text{Principle of Naval Architecture Vol II hlm.163} && \text{---> Hull Efficiency} \\
 &= \frac{1 - 0,1}{1 - 0,134} \\
 &= 1.045
 \end{aligned}$$

$$\eta_R = 0.98 \quad (\text{Rotative Efficiency}) \quad \text{Delivered Horse Power (DHP)}$$

$$\begin{aligned}
 \eta_D &= \frac{P_E}{P_D} && P_E = R_T \cdot V_s && P_D = \frac{P_E}{\eta_H \eta_o \eta_r} \\
 &= 0.614 && = 286,441 \times 7,459 && = \frac{2136,509}{0,139 \cdot 0,98 \cdot 0,6} \\
 &&& = 672.667 && = 1094.752 \\
 &&& \text{Effective Horse Power (EHP)} &&
 \end{aligned}$$

Perhitungan PB

$$\eta_B \eta_S = 0.985 \quad \rightarrow \text{Parametric Design Hlm. 31}$$

$$\eta_t = 0.985$$

$$P_B = \frac{P_E}{\eta_H \eta_o \eta_r \eta_s \eta_b \eta_t} \quad \rightarrow \text{Parametric Design Hlm. 33} \quad \Rightarrow \text{Break Horse Power (BHP)}$$
$$= \frac{672.667}{1,039 \cdot 0,6 \cdot 0,98 \cdot 0,975 \cdot 0,98}$$
$$= 1128.349$$

Koreksi MCR

Total P_B =	115% P_B
	1297.601 kW
Total BHP =	1766.188 HP

Perhitungan Berat Permesinan

Input Data :

$$\begin{aligned} D &= 2.288 \quad \text{m} & P_D &= 1094.75 \quad \text{kW} \\ n &= 230.77 & P_B &= 1297.60 \quad \text{kW} \\ Z &= 4 \quad \text{buah} \\ AE/AO &= 0.55 \end{aligned}$$

Perhitungan :

Main Engine

$$W_E = 13.0 \quad \text{ton}$$

Propulsion Unit

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.175

• Gear Box

$$\begin{aligned} W_{\text{Gear}} &= (0.3 \sim 0.4) \cdot \frac{P_B}{n} \\ &= 1.687 \quad \text{ton} \quad 1.687 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

• Shafting

$$\text{Panjang poros (l)} = 5.00 \quad \text{m}$$

$$\begin{aligned} M_s/l &= 0.081 \left(\frac{P_B}{n} \right)^{\frac{2}{3}} \\ &= 0.256 \end{aligned}$$

Berat Poros

$$\begin{aligned} M_s &= M_s/l \cdot l \\ &= 1.281 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

• Propeller

$$\begin{aligned} d_s &= 11.5 \left(\frac{P_D}{n} \right)^{\frac{1}{3}} \\ &= 19.323 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} K &\approx \left(\left(\frac{d_s}{D} \right) \left(1.85 \frac{A_E}{A_o} \right) - (Z-2) \right) / 100 \\ &= 0.066 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} W_{\text{Prop}} &= D^3 \cdot K \\ &= 0.790 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

• Total

$$\begin{aligned} W_{\text{T,Prop}} &= W_{\text{Gear}} + M_s + W_{\text{Prop}} \\ &= 3.757 \quad \text{ton} \end{aligned}$$

Electrical Unit

Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.176

- $W_{Agg} = 0,001 \cdot P_B (15 + 0,014 \cdot P_B)$
 $= 43.037 \text{ ton}$

Other Weight

- $W_{ow} = (0,04-0,07)P_B$
 $= 18.920 \text{ ton}$
- Total Machinery Weight = 78.734 ton

Titik Berat Machinery Plant

Parametric Design hlm.11

- $h_{db} = (350+45 \cdot B) \text{ mm}$ BKI 2009 Vol 2 sec 8-3
 $= 1.200 \text{ m}$
- $KG_m = h_{db} + 0.35(D' - h_{db})$
 $= 3.580 \text{ m}$
- LCB = 4.090 m
- **LCG dari FP = 72.710 m**
- **LCG_{mid} = 31.810 m**

Perhitungan Berat Baja Kapal

No	Type kapal	CSO	→ Hal 154 Schneeluth
1	Bulk carriers	0.07	
2	Cargo ship (1 deck)	0.07	
3	Cargo ship (2 decks)	0.076	
4	Cargo ship (3 decks)	0.082	
5	Passenger ship	0.058	
6	Product carriers	0.0664	
7	Reefers	0.0609	
8	Rescue vessel	0.0232	
9	Support vessels	0.0974	
10	Tanker	0.0752	
11	Train ferries	0.65	
12	Tugs	0.0892	
13	VLCC	0.0645	

Koefisien titik berat	
Type kapal	CKG
Passanger ship	0.67 – 0.72
Large cargo ship	0.58 – 0.64
Small cargo ship	0.60 – 0.80
Bulk carrier	0.55 – 0.58
Tankers	0.52 – 0.54

Input Data :

$L_o =$	81.800 m
$H_o =$	8.000 m
$B_o =$	14.700 m
$T_o =$	5.000 m
$F_n =$	0.214

Perhitungan :

Volume Superstructure

- **Volume Forecastle**

$$\begin{aligned}
 \text{panjang } (L_f) &= \text{asumsi} \\
 &= 6.800 \text{ m} \\
 \text{lebar } (B_f) &= \text{selebar kapal} \\
 &= 14.700 \text{ m} \\
 \text{tinggi } (h_f) &= \text{asumsi } 2,4 \text{ m} \\
 &= 2.4 \text{ m} \\
 V_{\text{Forecastle}} &= 0,5 \cdot L_f \cdot B_f \cdot h_f \\
 &= 119.952 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- **Volume Poop**

$$\begin{aligned}
 \text{panjang } (L_p) &= \text{asumsi} \\
 &= 18.000 \text{ m} \\
 \text{lebar } (B_p) &= \text{selebar kapal} \\
 &= 14.700 \text{ m} \\
 \text{tinggi } (h_p) &= \text{asumsi } 2,4 \text{ m} \\
 &= 2.4 \text{ m} \\
 V_{\text{Poop}} &= L_p \cdot B_p \cdot h_p \\
 &= 317.52 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

- **Volume Total Bangunan Atas**

$$\begin{aligned}
 V_A &= V_{\text{Forecastle}} + V_{\text{Poop}} \\
 &= 437.472 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

Volume Deckhouse

• Volume Layer II

$$\begin{aligned}\text{panjang } (L_{D2}) &= \text{asumsi} \\ &= 12.000 \text{ m} \\ \text{lebar } (B_{D2}) &= \\ &= 12.3000 \text{ m} \\ \text{tinggi } (h_{D2}) &= \text{asumsi } 2,4 \text{ m} \\ &= 2.4 \\ V_{\text{DH-layer II}} &= L_{D2} \cdot B_{D2} \cdot h_{D2} \\ &= 177.12 \text{ m}^3\end{aligned}$$

• Volume Layer III

$$\begin{aligned}\text{panjang } (L_{D3}) &= \text{asumsi} \\ &= 12.000 \text{ m} \\ \text{lebar } (B_{D3}) &= \\ &= 11.100 \text{ m} \\ \text{tinggi } (h_{D3}) &= \text{asumsi } 2,4\text{m} \\ &= 2.4 \text{ m} \\ V_{\text{DH-layer III}} &= L_{D3} \cdot B_{D3} \cdot h_{D3} \\ &= 159.84 \text{ m}^3\end{aligned}$$

• Volume Layer IV

$$\begin{aligned}\text{panjang } (L_{D4}) &= \text{asumsi} \\ &= 10.800 \text{ m} \\ \text{lebar } (B_{D4}) &= \\ &= 8.800 \text{ m} \\ \text{tinggi } (h_{D4}) &= \text{asumsi } 2,4\text{m} \\ &= 2.4 \text{ m} \\ V_{\text{DH-layer III}} &= L_{D4} \cdot B_{D4} \cdot h_{D4} \\ &= 114.048 \text{ m}^3\end{aligned}$$

• Volume wheel house

$$\begin{aligned}\text{panjang } (L_{WH}) &= \text{asumsi} \\ &= 7.800 \text{ m} \\ \text{lebar } (B_{WH}) &= \\ &= 6.500 \text{ m} \\ \text{tinggi } (h_{WH}) &= \text{asumsi } 2,4\text{m} \\ &= 2.4 \text{ m} \\ V_{\text{DH-wheel house}} &= L_{WH} \cdot B_{WH} \cdot h_{WH} \\ &= 60.84 \text{ m}^3\end{aligned}$$

• Volume Total

$$\begin{aligned}V_{\text{DH}} &= \text{Volume deck} \\ &\quad \text{house total} \\ &= 511.85 \text{ m}^3\end{aligned}$$

Berat Baja *Ship Design for Efficiency and Economy hlm. 154*

- D_A = tinggi kapal setelah dikoreksi dengan superstructure dan deckhouse
 $= H + (VA+VDH)/(L*B)$
 $= 8.789482 \text{ m}$
- $C_{SO} =$ Cargo
 $= 0.07 \text{ t/m}^3$
- $\Delta_{\text{kapal}} = 4681.684 \text{ ton}$
- $U = \log \left(\frac{\Delta}{100} \right)$
 $= 1.670$
- $C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5U + 0.1U^{2.45})}$
 $= 0.107$
- $W_{ST} = L \cdot B \cdot D_A \cdot C_S$
 $= 1130.771 \text{ ton}$

Center Gravity of Steel

Input Data :

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 81.800 \text{ m} \\ B &= 14.700 \text{ m} \\ H &= 8.000 \text{ m} \\ \nabla_A = \nabla_{\text{Superstructure}} &= 437.472 \text{ m}^3 \\ \nabla_{DH} = \nabla_{\text{Deckhouse}} &= 511.848 \text{ m}^3 \\ \text{LCB (\%)} &= 0.488\end{aligned}$$

Perhitungan :

KG **Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.150**

$$\begin{aligned}C_{KG} &= 0.7 \rightarrow \text{koefisien titik berat} \\ KG &= C_{KG} \cdot D_A = C_{KG} \cdot D + \frac{\nabla_A + \nabla_{DH}}{L_{PP} \cdot B} \\ &= 6.389 \text{ m}\end{aligned}$$

LCG dari midship **Parametric Design Chapter 11 , Hlm.25**

$$\begin{aligned}\text{dalam \%L} &= -0.15 + \text{LCB} \\ &= 0.338 \% \\ \text{dalam m} &= \text{LCG(\%)*L} \\ &= 0.277 \text{ m}\end{aligned}$$

LCG dari FP

$$\begin{aligned}\text{LCG}_{FP} &= 0.5 \cdot L + \text{LCG dr midship} \\ &= 36.269 \text{ m}\end{aligned}$$

Consumable and Crew Calculation

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

Input Data :

L =	81.800	m	Vs =	12 knot =	6.1728	m/s
B =	14.700	m	PB =	1440 kW =		1960 HP
H =	8.000	m				
T =	5.000	m				

Perhitungan :

Consumable :

• **Jumlah Crew**

$$\begin{aligned}
 C_{st} &= 1.2 \text{ (Coef steward dept 1,2 - 1.33)} \\
 C_{dk} &= 11.5 \text{ (Coef deck dept. 11,5 - 14,5)} \\
 C_{eng} &= 8.5 \text{ (Coef engine dept 8,5 - 11,00 diesel)} \\
 \text{cadet} &= 2 \text{ (umumnya 2 orang)} \\
 Z_c &= Cst.Cdk.(L.B.H.35/105)^{1/6} + Ceng.(BHP/105)^{1/3} + \text{cadet} \\
 &= 21.186 \text{ orang} \\
 &= 21
 \end{aligned}$$

• **Crew Weight**

Ref: Parametric design chapter 11, p11-25

$$\begin{aligned}
 C_{C\&E} &= 0.075 \text{ ton/person} \\
 W_{C\&E} &= 1.575 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

• **Fuel Oil**

$$\begin{aligned}
 SFR &= 0.000196 \text{ ton/kW.hr} && \text{(0.000196 ton/kW hr untuk diesel engine)} \\
 MCR &= 1440 \text{ kW} \\
 \text{Margin} &= 0.1 && [1 + (5\% \sim 10\%)] \cdot WFO \\
 W_{FO} &= SFR * MCR * S/Vs * \text{margin} \\
 &= 2.303 \text{ ton} \\
 V_{FO} &= 26.106 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk Konstruksi dan 2% untuk Ekspansi panas

• **Diesel Oil**

$$\begin{aligned}
 C_{DO} &= 0.15 \text{ ton/m}^3 && \text{Diktat Pak Made IGM Santoso hal.38 (0.1-0.2)} \\
 W_{DO} &= 1.620 \text{ ton} && ; \text{Diktat IGM Santosa Penambahan 2\% untuk} \\
 V_{DO} &= 10.800 \text{ m}^3 && \text{koreksi dengan } \pi = 0.85
 \end{aligned}$$

Ref: Parametric design chapter 11, p11-24

• **Lubrication Oil**

$$\begin{aligned}
 SFR &= 0.0000094 \text{ ton/kW.hr} && ; \text{Diktat IGM Santosa Penambahan 2\% untuk} \\
 MCR &= 1440 \text{ kW} && \text{Konstruksi dan 2\% untuk Ekspansi panas} \\
 \text{Margin} &= 0.1 && \text{dengan } \pi = 0.90 \\
 W_{LO} &= SFR * MCR * S/Vs * \text{margin} \\
 &= 0.110 \text{ ton} \\
 V_{LO} &= 10.800 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• **Fresh Water**

$$\begin{aligned}
 \text{range} &= 503744 \text{ m} \\
 V_s &= 6.1728 \text{ m/s} \\
 \text{day} &= 0.945 \\
 W_{FW \text{ Tot}} &= 0.25 \text{ ton/(person.day)} \\
 &= 5.250 \text{ ton} \\
 \rho_{fw} &= 1 \text{ ton/m}^3 \\
 V_{FW} &= 32.324 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• **Dirty Water Tank**

$$\begin{aligned}
 \text{Weight} &= 5.250 \text{ ton} \\
 \text{Volume} &= 30.371 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• **Dirty Oil Tank**

$$\begin{aligned}
 \text{Weight} &= 4.034 \text{ ton} \\
 \text{Volume} &= 30.371 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

• **Provision and Store**

$$\begin{aligned}
 W_{PR} &= 0.01 \text{ ton/(person.day)} \\
 &= 0.198 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

$$\mathbf{W_{consumable} = 11.057 \text{ ton}}$$

Perhitungan Titik Berat Consumable dan Crew

$$\begin{aligned} \text{LKM} &= 5 + L(\text{panjang mesin induk}) + 1 &&= 12.000 \text{ m} \\ (\text{panjang ceruk buritan}) \text{LCb} &&&= 6.00 \text{ m} \\ (\text{panjang ceruk haluan}) \text{LCH} &&&= 6.800 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\text{Panjang tangki fuel oil} = 3 \text{ kali jarak gading} = 1.8 \text{ m}$$

Dimensi ruang akomodasi

$$L_{rm} = L_{pp} - (L_{cb} + L_{ch} + L_{km}) = 57.000 \text{ m}$$

• **Poop**

$$\begin{aligned} L_p &= 18.00 \text{ m} \\ h_p &= 2.4 \text{ m} \\ \text{LCH} &= 6.80 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Main Deck**

$$\begin{aligned} L_p &= 18.00 \text{ m} \\ h_p &= 2.4 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Layer III**

$$\begin{aligned} h_{III} &= 2.4 \text{ m} \\ L_{d III} &= 12.00 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Layer IV**

$$\begin{aligned} h_{IV} &= 2.4 \text{ m} \\ L_{d IV} &= 10.80 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Layer II**

$$\begin{aligned} h_{II} &= 2.4 \text{ m} \\ L_{d II} &= 12.00 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Wheel House**

$$\begin{aligned} h_{IV} &= 2.4 \text{ m} \\ L_{d IV} &= 7.80 \text{ m} \end{aligned}$$

Ref: Parametric design chapter 11,
p11-25

Berat crew per layer

$$\begin{aligned} W_{C\&E \text{ maindeck}} &= 1.70 \text{ ton} \\ W_{C\&E \text{ poop}} &= 0.00 \text{ ton} \\ W_{C\&E \text{ II}} &= 1.36 \text{ ton} \\ W_{C\&E \text{ III}} &= 0.51 \text{ ton} \\ W_{C\&E \text{ IV}} &= 0.00 \text{ ton} \end{aligned}$$

Titik berat crew

• **KG**

$$\begin{aligned} \text{KG m} &= H + 0,5 * h_{\text{maindeck}} = 9.200 \text{ m} \\ \text{KG p} &= H + h_m + 0,5 * h_{\text{Poop}} = 11.6 \\ \text{KG II} &= H + h_{\text{maindeck}} + h_{\text{poop}} + 0,5h_{II} = 14.000 \text{ m} \\ \text{KG III} &= H + h_m + h_p + h_{II} + 0,5h_{III} = 16.400 \text{ m} \\ \text{KG IV} &= H + h_m + h_p + h_{II} + h_{III} + 0,5h_{IV} = 18.800 \text{ m} \end{aligned}$$

• **LCG**

$$\begin{aligned} \text{LCG m} &= 0,5L_m + L_{rm} + L_{ch} = 72.800 \text{ m} \\ \text{LCG p} &= 0,5L_p + L_{rm} + L_{ch} = 72.800 \text{ m} \\ \text{LCG II} &= 0,5L_{d II} + L_{rm} + L_{ch} = 63.000 \text{ m} \\ \text{LCG III} &= 0,5L_{d III} + L_{rm} + L_{ch} = 69.800 \text{ m} \\ \text{LCG IV} &= 0,5L_{d IV} + L_{rm} + L_{ch} = 67.700 \text{ m} \end{aligned}$$

• **Titik berat**

KG = 12.057 m
LCG = 68.638 m

Titik berat air tawar

• **Dimensi tangki**

$T_{TW} = H - T = 3.000$ m
 $B_{TW} = 4.100$ m
 $P_{TW} = 2.900$ m

• **Titik berat**

$KG_{TW} = T + 0,5t_{FW} = 6.500$ m
 $LCG_{TW} = 69.850$ m

Titik berat lubrication oil

• **Dimensi tangki**

$t_{LO} = 3.000$ m
 $B_{LO} = 3.000$ m
 $P_{LO} = 1.200$ m

• **Titik berat**

$KG_{LO} = 6.500$ m
 $LCG_{LO} = 65.600$ m

Titik berat diesel oil

• **Dimensi tangki**

$t_{DO} = h_{db} = 3.000$ m
 $B_{DO} = 3.000$ m
 $P_{DO} = 1.2$ m

• **Titik berat**

$KG_{DO} = 6.500$ m
 $LCG_{DO} = 64.400$ m

Titik berat fuel oil

• **Dimensi tangki**

$t_{FO} = 3.000$ m
 $B_{FO} = 3.400$ m
 $L_{FO} = 4.500$ m

• **Titik berat**

$KG_{FO} = 6.500$ m
 $LCG_{FO} = 73.550$ m

Dirty Water Tank

• **Dimensi tangki**

$t = 1.200$
 $B = 10.600$
 $L = 2.400$

• **Titik berat**

$KG_{FO} = 0.600$ m
 $LCG_{FO} = 65.000$ m

Dirty Oil Tank

• **Dimensi tangki**

$t = 1.200$
 $B = 8.600$
 $L = 2.400$

• **Titik berat**

$KG_{FO} = 0.600$ m
 $LCG_{FO} = 67.400$ m

Titik berat consumable

KG = 7.306 m
LCG dr FP = 67.962 m

Equipment and Outfitting Calculation

[Reference : Ship Design Efficiency and Economy , 1998]

Input Data :

L = 81.800 m
B = 14.700 m
H = 8.000 m

Ship Design for Efficiency and Economy page 172

Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo sh 160 – 170 kg/m²

For large cargo ships, large tanker, ei 180 – 200 kg/m²

Therefore, for oat, it is used 160 kg/m²

• **POOP**

$L_{\text{poop}} = 18.000 \text{ m}$
 $B_{\text{poop}} = 14.700 \text{ m}$
 $A_{\text{poop}} = 264.600 \text{ m}^2$
 $W_{\text{poop}} = 42.336 \text{ ton}$

• **FORECASTLE**

$L_{\text{forecastle}} = 6.8 \text{ m}$
 $B_{\text{forecastle}} = 14.7 \text{ m}$
 $A_{\text{forecastle}} = 99.96 \text{ m}^2$
 $W_{\text{forecastle}} = 15.994 \text{ ton}$
 $LCG_{\text{forecastle}} = 78.4$

• **DECKHOUSE**

Layer II

$L_{\text{DHII}} = 12.000 \text{ m}$
 $B_{\text{DHII}} = 12.300 \text{ m}$
 $A_{\text{DHII}} = 133.200 \text{ m}^2$
 $W_{\text{DHII}} = 21.312 \text{ ton}$

LayerIII

$L_{\text{DHIII}} = 12.000 \text{ m}$
 $B_{\text{DHIII}} = 11.100 \text{ m}$
 $A_{\text{DHIII}} = 133.200 \text{ m}^2$
 $W_{\text{DHIII}} = 21.312 \text{ ton}$

Wheel House

$L_{\text{WH}} = 7.800 \text{ m}$
 $B_{\text{WH}} = 6.500 \text{ m}$
 $A_{\text{WH}} = 50.700 \text{ m}^2$
 $W_{\text{WH}} = 8.112 \text{ ton}$

LayerIV

$L_{\text{DHIV}} = 10.800 \text{ m}$
 $B_{\text{DHIV}} = 8.800 \text{ m}$
 $A_{\text{DHIV}} = 95.040 \text{ m}^2$
 $W_{\text{DHIV}} = 15.206 \text{ ton}$

W_{Group III} = 108.278 ton

Grup IV (Miscellaneous)

Ship Design Efficiency and Economy page 172

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

$$= 0.18 \text{ [ton/m}^2\text{]}$$

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

$$= 81.417 \text{ [ton]}$$

Equipment and Outfitting Total Weight

$$= 189.695 \text{ [ton]}$$

Ship Design for Efficiency and Economy page 173

Outfit Weight Center Estimation

$$D_A = 8.789 \text{ m}$$

$$KG_{E\&O} = 1.02-1.08D_A$$

$$= 9.229 \text{ m}$$

Parametric design chapter 11, p11-25

1. LCG₁ (25% W_{E&O} at LCG_M)

$$\begin{aligned} 25\% W_{E\&O} &= 47.424 \\ L_{cb} &= 4.090 \\ LCG_M \text{ dr FP} &= 72.710 \\ LCG_M &= -31.810 \\ L_{km} &= 12.000 \end{aligned}$$

Layer II

$$\begin{aligned} L_{DHII} &= 12.000 \\ W_{DHII} &= 21.312 \\ LCG_I &= [0,5*L + (L_{km} + L_{cb}) + 0,5*I_{deck}] \\ &= -30.810 \end{aligned}$$

Layer III

$$\begin{aligned} L_{DHIII} &= 12.000 \\ W_{DHIII} &= 21.312 \\ LCG_{II} &= -30.810 \end{aligned}$$

Layer IV

$$\begin{aligned} L_{DHIV} &= 10.800 \\ W_{DHIV} &= 15.206 \\ LCG_{IIII} &= -30.210 \end{aligned}$$

Wheelhouse

$$\begin{aligned} L_{WH} &= 7.800 \\ W_{WH} &= 8.112 \\ LCG_{IV} &= -28.710 \end{aligned}$$

2. LCG₂ (37,5% W_{E&O} at LCG_{DH})

$$\begin{aligned} 37.5\% W_{E\&O} &= 71.136 \\ LCG_{dh} &= -30.413 \end{aligned}$$

3. LCG₃ (37,5% W_{E&O} at midship)

$$\begin{aligned} 37.5\% W_{E\&O} &= 71.136 \\ \text{midship} &= 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_{E\&O} \text{ (LCG di belakang midship)} \\ &= -19.36 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} LCG_{E\&O} \text{ (dari FP)} \\ &= 60.26 \text{ m} \end{aligned}$$

Penutup Palkah

Palkah 1		
L = 18.266	m	
B = 11.81	m	$t = 10.a + tk$
t = 0.0075	m	$t_{min} = 6 + tk$
W = 12.701	ton	
LCG = -12.4	m	
KG = 13.98825		t = 7.5 mm
Palkah 2		
L = 15.828	m	$t_{min} = 7.5$ mm
B = 11.81	m	
t = 0.0075	m	
W = 11.005	ton	
LCG = 7.1	m	
KG = 13.98825		
Palkah 3		
L = 15.828	m	
B = 11.81	m	
t = 0.0075	m	
W = 11.005	ton	
LCG = 25.1	m	
KG = 13.98825		

Berat total penutup palkah = 34.711

Total berat = 224.406
LCG = -15.4859 terhadap *midship*
LCG = 56.38588 terhadap FP
KG = 9.965129

Section 17 C.2

Hatch coaming

$$t = c.a.(pA/ReH)^{0.05} + tk \quad c = 14.6 \quad pA = 220 \text{ kn/m}^2$$
$$t_{min} = 6 + L/100 + tk$$

$$t = 9.335 = 10 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 8.318$$

Hatch coaming depan belakang

Hatch coaming 1

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = -21.533 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 2

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = -3.267 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 3

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = -0.814 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 4

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = 15.014 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 5

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = 17.186 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 6

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = 33.014 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

$$\text{Berat} = 27.6861$$

$$LCG = 6.6$$

$$KG = 11$$

Section 17 C.2

Hatch coaming

$$t = c.a.(pA/ReH)^{0.05} + tk \quad c = 14.6 \quad pA = 220 \text{ kn/m}^2$$
$$t_{min} = 6 + L/100 + tk$$

$$t = 9.335 = 10 \text{ mm}$$

$$t_{min} = 8.318$$

Hatch coaming depan belakang

Hatch coaming 1

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = -21.533 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 2

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = -3.267 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 3

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = -0.814 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 4

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = 15.014 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 5

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = 17.186 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

Hatch coaming 6

$$L = 9.81 \text{ m}$$
$$B = 5.992 \text{ m}$$
$$t = 0.01 \text{ m}$$
$$W = 4.614 \text{ ton}$$
$$LCG = 33.014 \text{ m}$$
$$KG = 10.996$$

$$\text{Berat} = 27.6861$$

$$LCG = 6.6$$

$$KG = 11$$

Hatch coaming kanan		Hatch coaming kiri	
Hatch coaming 1		Hatch coaming 1	
L = 18.266	m	L = 18.266	m
B = 5.992	m	B = 5.992	m
t = 0.01	m	t = 0.01	m
W = 8.592	ton	W = 8.592	ton
LCG = -12.4	m	LCG = -12.4	m
KG = 10.996		KG = 10.996	

Hatch coaming 2		Hatch coaming 2	
L = 18.266	m	L = 18.266	m
B = 5.992	m	B = 5.992	m
t = 0.01	m	t = 0.01	m
W = 8.592	ton	W = 8.592	ton
LCG = 7.1	m	LCG = 7.1	m
KG = 10.996		KG = 10.996	

Hatch coaming 3		Hatch coaming 3	
L = 18.266	m	L = 18.266	m
B = 5.992	m	B = 5.992	m
t = 0.01	m	t = 0.01	m
W = 8.592	ton	W = 8.592	ton
LCG = 25.1	m	LCG = 25.1	m
KG = 10.996		KG = 10.996	

Berat = 51.55089
 LCG = 6.6
 KG = 11

Equipment and Outfitting Total Weight
Total W = 303.643
LCG = -9.72248 from midship
LCG = 50.62248 from FP
KG = 10.23518

Light Weight Tonnes (LWT)			
• Steel Weight			
$W_{ST} =$	1130.771	ton	
$KG =$	6.389	m	
$LCG \text{ dr FP} =$	36.269	m	
• Equipment & Outfitting Weight			
$W_{E\&O} =$	303.643	ton	
$KG_{E\&O} =$	10.235	m	
$LCG \text{ dr FP} =$	50.622	m	
• Machinery Weight			
$W_M =$	78.734	ton	
$KG =$	3.580	m	
$LCG \text{ dr FP} =$	72.710	m	
Total LWT	= 1513.149	ton	
KG LWT	= 7.015	m	
LCG LWT dari FP	= 41.045	m	
Dead Weight Tonnes (DWT)			
• Consumable Weight			
$W_{consum} =$	11.057	ton	
$KG =$	7.306	m	
$LCG \text{ dr FP} =$	67.962	m	
• Payload			
$W_{payload} =$	2873	ton	
$KG = (H - H_{db}) * 0.5 + H_{db}$			
	$= (13.392 - 1.2) * 0.5 + 1.2$		
	$= 7.296$	m	
$LCG \text{ dr FP} = 0.51 * LRM + Lch$			
	$= 0.51 * 87 + 6.8$	m	
	$= 39.290$	m	
Total DWT	= 2884.057	ton	
KG DWT	= 7.296	m	
LCG DWT dari FP	= 39.400	m	

Name	Type	Intact Perm (%)	Damaged Perm (%)	Specific Gravity	Fluid Type	Aft (m)	Fore (m)	F. Port (m)	F. Stbd. (m)	F. Top (m)	F. Bott. (m)	A. Port (m)	A. Stbd. (m)	A. Top (m)	A. Bott. (m)
Cargo 1	Tank	100	100	0,6036	CNG	58,686	73,314	-4,305	4,305	13,192	1,2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
Cargo 2	Tank	100	100	0,6036	CNG	40,686	55,314	-4,305	4,305	13,192	1,2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
Cargo 3	Tank	100	100	0,6036	CNG	19,967	37,033	-4,305	4,305	13,192	1,2	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
After Peak	Tank	100	100	1,025	Sea Water	-3,271	6	-6,182	6,182	8	0	-2,96	2,96	DITTO	5
Fore Peak	Tank	100	100	1,025	Sea Water	75	84	-3	3	8	0	-5,83	5,83	DITTO	DITTO
Fuel Oil PS	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	6	11,412	-7	-3,97	8	5	DITTO	-3,97	DITTO	DITTO
Fuel Oil SB	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	6	11,412	3,97	7	8	5	3,97	DITTO	DITTO	DITTO
Fresh Water PS	Tank	100	100	1	Fresh Water	11,412	14	-7,35	-3,97	8	5	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
Fresh Water SB	Tank	100	100	1	Fresh Water	11,412	14	3,97	7,35	8	5	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
Lubricate Oil	Tank	100	100	0,92	Lube Oil	15,6	16,8	-1,5	1,5	8	5	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
Diesel Oil	Tank	100	100	0,84	Diesel	16,8	18	-1,5	1,5	8	5	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
Dirty Oil	Tank	100	100	0,9443	Fuel Oil	13,2	15,6	-4,834	4,834	1,2	0	-3,818	3,818	DITTO	DITTO
Dirty Water	Tank	100	100	1	Fresh Water	15,6	18	-5,712	5,712	1,2	0	-4,834	4,834	DITTO	DITTO
Ballast Water 1	Tank	100	100	1,025	Sea Water	66	75	-3,518	3,519	1,2	0	-6,549	6,549	DITTO	DITTO
Ballast Water 2	Tank	100	100	1,025	Sea Water	57	66	-6,549	6,549	1,2	0	-7,35	7,35	DITTO	DITTO
Ballast Water 3 4 5	Tank	100	100	1,025	Sea Water	28,5	57	-7,35	7,35	1,2	0	DITTO	DITTO	DITTO	DITTO
Ballast Water 6	Tank	100	100	1,025	Sea Water	18	28,5	-7,35	7,35	1,2	0	-5,712	5,712	DITTO	DITTO

Loadcase 1										
<i>Item Name</i>	<i>Quantity</i>	<i>Unit mass (ton)</i>	<i>Total mass (ton)</i>	<i>Unit volume</i>	<i>Total volume (m3)</i>	<i>Long. Arm (m)</i>	<i>Trans. Arm (m)</i>	<i>Vert. Arm (m)</i>	<i>Total FSM</i>	<i>FSM type</i>
<i>Lightship</i>	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
<i>Cargo 1</i>	100%	516,947	516,947	856,440	856,440	66,000	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>Cargo 2</i>	100%	516,947	516,947	856,440	856,440	48,000	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>Cargo 3</i>	100%	603,105	603,105	999,180	999,180	28,500	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>After Peak</i>	0%	244,201	0,000	238,245	0,000	5,811	0,000	0,068	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fore Peak</i>	30%	275,369	82,611	268,653	80,596	77,219	0,000	1,820	234,600	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil PS</i>	100%	32,479	32,479	34,394	34,394	8,941	-5,102	6,675	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil SB</i>	100%	32,479	32,479	34,394	34,394	8,941	5,102	6,675	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water PS</i>	100%	22,258	22,258	22,258	22,258	12,737	-5,418	6,575	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water SB</i>	100%	22,258	22,258	22,258	22,258	12,737	5,418	6,575	0,000	IMO A.749(18)
<i>Lubricate Oil</i>	100%	9,936	9,936	10,800	10,800	16,200	0,000	6,500	0,000	IMO A.749(18)
<i>Diesel Oil</i>	100%	9,072	9,072	10,800	10,800	17,400	0,000	6,500	0,000	IMO A.749(18)
<i>Dirty Oil</i>	0%	18,644	0,000	19,744	0,000	14,522	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Dirty Water</i>	0%	25,159	0,000	25,159	0,000	16,789	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 1</i>	0%	106,173	0,000	103,583	0,000	69,967	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 2</i>	0%	149,577	0,000	145,929	0,000	61,412	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 3, 4, 5</i>	0%	495,572	0,000	483,485	0,000	42,750	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 6</i>	0%	160,138	0,000	156,232	0,000	27,317	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Crew</i>	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
<i>Total Loadcase</i>			3,248,761	4,287,994	2,927,561	43,118	0,000	4,914	234,600	
<i>FS correction</i>								0,072		
<i>VCG fluid</i>								4,986		

Loadcase 2										
<i>Item Name</i>	<i>Quantity</i>	<i>Unit mass (ton)</i>	<i>Total mass (ton)</i>	<i>Unit volume</i>	<i>Total volume (m3)</i>	<i>Long. Arm (m)</i>	<i>Trans. Arm (m)</i>	<i>Vert. Arm (m)</i>	<i>Total FSM</i>	<i>FSM type</i>
<i>Lightship</i>	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
<i>Cargo 1</i>	100%	516,947	516,947	856,440	856,440	66,000	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>Cargo 2</i>	100%	516,947	516,947	856,440	856,440	48,000	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>Cargo 3</i>	100%	603,105	603,105	999,180	999,180	28,500	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>After Peak</i>	0%	244,201	0,000	238,245	0,000	5,811	0,000	0,068	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fore Peak</i>	10%	275,369	27,537	268,653	26,865	77,129	0,000	0,716	417,672	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil PS</i>	50%	32,479	16,239	34,394	17,197	9,016	-4,961	5,969	8,233	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil SB</i>	50%	32,479	16,239	34,394	17,197	9,016	4,961	5,969	8,233	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water PS</i>	50%	22,258	11,129	22,258	11,129	12,749	-5,320	5,839	6,776	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water SB</i>	50%	22,258	11,129	22,258	11,129	12,749	5,320	5,839	6,776	IMO A.749(18)
<i>Lubricate Oil</i>	50%	9,936	4,968	10,800	5,400	16,200	0,000	5,750	2,484	IMO A.749(18)
<i>Diesel Oil</i>	50%	9,072	4,536	10,800	5,400	17,400	0,000	5,750	2,268	IMO A.749(18)
<i>Dirty Oil</i>	50%	18,644	9,322	19,744	9,872	14,462	0,000	0,401	123,699	IMO A.749(18)
<i>Dirty Water</i>	50%	25,159	12,579	25,159	12,579	16,849	0,000	0,384	235,902	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 1</i>	0%	106,173	0,000	103,583	0,000	69,967	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 2</i>	0%	149,577	0,000	145,929	0,000	61,412	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 3 4 5</i>	0%	495,572	0,000	483,485	0,000	42,750	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 6</i>	0%	160,138	0,000	156,232	0,000	27,317	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Crew</i>	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
<i>Total Loadcase</i>			3,149,878	4,287,994	2,828,829	42,992	0,000	4,874	812,042	
<i>FS correction</i>								0,258		
<i>VCG fluid</i>								5,132		

Loadcase 3										
<i>Item Name</i>	<i>Quantity</i>	<i>Unit mass (ton)</i>	<i>Total mass (ton)</i>	<i>Unit volume</i>	<i>Total volume (m3)</i>	<i>Long. Arm (m)</i>	<i>Trans. Arm (m)</i>	<i>Vert. Arm (m)</i>	<i>Total FSM</i>	<i>FSM type</i>
<i>Lightship</i>	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
<i>Cargo 1</i>	100%	516,947	516,947	856,440	856,440	66,000	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>Cargo 2</i>	100%	516,947	516,947	856,440	856,440	48,000	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>Cargo 3</i>	100%	603,105	603,105	999,180	999,180	28,500	0,000	4,600	0,000	IMO A.749(18)
<i>After Peak</i>	0%	244,201	0,000	238,245	0,000	5,811	0,000	0,068	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fore Peak</i>	0%	275,369	0,000	268,653	0,000	75,229	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil PS</i>	10%	32,479	3,248	34,394	3,439	9,232	-4,726	5,257	8,233	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil SB</i>	10%	32,479	3,248	34,394	3,439	9,232	4,726	5,257	8,233	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water PS</i>	10%	22,258	2,226	22,258	2,226	12,761	-5,165	5,185	6,776	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water SB</i>	10%	22,258	2,226	22,258	2,226	12,761	5,165	5,185	6,776	IMO A.749(18)
<i>Lubricate Oil</i>	10%	9,936	0,994	10,800	1,080	16,199	0,000	5,150	2,484	IMO A.749(18)
<i>Diesel Oil</i>	10%	9,072	0,907	10,800	1,080	17,399	0,000	5,150	2,268	IMO A.749(18)
<i>Dirty Oil</i>	90%	18,644	16,780	19,744	17,769	14,454	0,000	0,625	123,699	IMO A.749(18)
<i>Dirty Water</i>	90%	25,159	22,643	25,159	22,643	16,842	0,000	0,611	235,902	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 1</i>	0%	106,173	0,000	103,583	0,000	66,051	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 2</i>	0%	149,577	0,000	145,929	0,000	57,051	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 3 4 5</i>	0%	495,572	0,000	483,485	0,000	29,269	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 6</i>	0%	160,138	0,000	156,232	0,000	18,060	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Crew</i>	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
<i>Total Loadcase</i>			3,088,470	4,287,994	2,765,963	43,059	0,000	4,869	394,371	
<i>FS correction</i>								0,128		
<i>VCG fluid</i>								4,997		

Loadcase 4										
Item Name	Quantity	Unit mass (ton)	Total mass (ton)	Unit volume	Total volume (m3)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM	FSM type
Lightship	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
Cargo 1	85%	516,947	439,405	856,440	727,974	65,990	0,000	4,090	469,640	IMO A.749(18)
Cargo 2	85%	516,947	439,405	856,440	727,974	47,990	0,000	4,090	469,640	IMO A.749(18)
Cargo 3	85%	603,105	512,639	999,180	849,303	28,486	0,000	4,090	547,913	IMO A.749(18)
After Peak	0%	244,201	0,000	238,245	0,000	5,811	0,000	0,068	0,000	IMO A.749(18)
Fore Peak	40%	275,369	110,148	268,653	107,461	77,228	0,000	2,325	417,672	IMO A.749(18)
Fuel Oil PS	100%	32,479	32,479	34,394	34,394	8,941	-5,102	6,675	0,000	IMO A.749(18)
Fuel Oil SB	100%	32,479	32,479	34,394	34,394	8,941	5,102	6,675	0,000	IMO A.749(18)
Fresh Water PS	100%	22,258	22,258	22,258	22,258	12,737	-5,418	6,575	0,000	IMO A.749(18)
Fresh Water SB	100%	22,258	22,258	22,258	22,258	12,737	5,418	6,575	0,000	IMO A.749(18)
Lubricate Oil	100%	9,936	9,936	10,800	10,800	16,200	0,000	6,500	0,000	IMO A.749(18)
Diesel Oil	100%	9,072	9,072	10,800	10,800	17,400	0,000	6,500	0,000	IMO A.749(18)
Dirty Oil	0%	18,644	0,000	19,744	0,000	13,214	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Dirty Water	0%	25,159	0,000	25,159	0,000	15,614	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 1	0%	106,173	0,000	103,583	0,000	66,051	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 2	0%	149,577	0,000	145,929	0,000	57,051	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 3 4 5	0%	495,572	0,000	483,485	0,000	29,269	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 6	0%	160,138	0,000	156,232	0,000	18,060	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Crew	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
Total Loadcase			3,029,278	4,287,994	2,547,617	43,163	0,000	4,692	1,904,864	
FS correction								0,629		
VCG fluid								5,321		

Loadcase 5										
Item Name	Quantity	Unit mass (ton)	Total mass (ton)	Unit volume	Total volume (m3)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM	FSM type
Lightship	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
Cargo 1	85%	516,947	439,405	856,440	727,974	66,000	0,000	4,090	469,637	IMO A.749(18)
Cargo 2	85%	516,947	439,405	856,440	727,974	48,000	0,000	4,090	469,637	IMO A.749(18)
Cargo 3	85%	603,105	512,639	999,180	849,303	28,500	0,000	4,090	547,910	IMO A.749(18)
After Peak	0%	244,201	0,000	238,245	0,000	5,811	0,000	0,068	0,000	IMO A.749(18)
Fore Peak	20%	275,369	55,074	268,653	53,731	77,196	0,000	1,288	417,672	IMO A.749(18)
Fuel Oil PS	50%	32,479	16,239	34,394	17,197	9,016	-4,961	5,969	8,233	IMO A.749(18)
Fuel Oil SB	50%	32,479	16,239	34,394	17,197	9,016	4,961	5,969	8,233	IMO A.749(18)
Fresh Water PS	50%	22,258	11,129	22,258	11,129	12,749	-5,320	5,839	6,776	IMO A.749(18)
Fresh Water SB	50%	22,258	11,129	22,258	11,129	12,749	5,320	5,839	6,776	IMO A.749(18)
Lubricate Oil	50%	9,936	4,968	10,800	5,400	16,200	0,000	5,750	2,484	IMO A.749(18)
Diesel Oil	50%	9,072	4,536	10,800	5,400	17,400	0,000	5,750	2,268	IMO A.749(18)
Dirty Oil	50%	18,644	9,322	19,744	9,872	14,462	0,000	0,401	123,699	IMO A.749(18)
Dirty Water	50%	25,159	12,579	25,159	12,579	16,849	0,000	0,384	235,902	IMO A.749(18)
Ballast Water 1	0%	106,173	0,000	103,583	0,000	69,967	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 2	0%	149,577	0,000	145,929	0,000	61,412	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 3 4 5	0%	495,572	0,000	483,485	0,000	42,750	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 6	0%	160,138	0,000	156,232	0,000	27,317	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Crew	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
Total Loadcase			2,931,865	4,287,994	2,448,886	43,021	0,000	4,627	2,299,226	
FS correction								0,784		
VCG fluid								5,411		

Loadcase 6										
<i>Item Name</i>	<i>Quantity</i>	<i>Unit mass (ton)</i>	<i>Total mass (ton)</i>	<i>Unit volume</i>	<i>Total volume (m3)</i>	<i>Long. Arm (m)</i>	<i>Trans. Arm (m)</i>	<i>Vert. Arm (m)</i>	<i>Total FSM</i>	<i>FSM type</i>
<i>Lightship</i>	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
<i>Cargo 1</i>	85%	516,947	439,405	856,440	727,974	66,000	0,000	4,090	469,637	IMO A.749(18)
<i>Cargo 2</i>	85%	516,947	439,405	856,440	727,974	48,000	0,000	4,090	469,637	IMO A.749(18)
<i>Cargo 3</i>	85%	603,105	512,639	999,180	849,303	28,500	0,000	4,090	547,910	IMO A.749(18)
<i>After Peak</i>	0%	244,201	0,000	238,245	0,000	5,811	0,000	0,068	0,000	IMO A.749(18)
<i>Fore Peak</i>	10%	275,369	27,537	268,653	26,865	77,129	0,000	0,716	417,672	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil PS</i>	10%	32,479	3,248	34,394	3,439	9,251	-4,728	5,257	8,233	IMO A.749(18)
<i>Fuel Oil SB</i>	10%	32,479	3,248	34,394	3,439	9,251	4,728	5,257	8,233	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water PS</i>	10%	22,258	2,226	22,258	2,226	12,766	-5,166	5,185	6,776	IMO A.749(18)
<i>Fresh Water SB</i>	10%	22,258	2,226	22,258	2,226	12,766	5,166	5,185	6,776	IMO A.749(18)
<i>Lubricate Oil</i>	10%	9,936	0,994	10,800	1,080	16,200	0,000	5,150	2,484	IMO A.749(18)
<i>Diesel Oil</i>	10%	9,072	0,907	10,800	1,080	17,400	0,000	5,150	2,268	IMO A.749(18)
<i>Dirty Oil</i>	90%	18,644	16,780	19,744	17,769	14,456	0,000	0,625	123,699	IMO A.749(18)
<i>Dirty Water</i>	90%	25,159	22,643	25,159	22,643	16,843	0,000	0,611	235,902	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 1</i>	0%	106,173	0,000	103,583	0,000	69,967	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 2</i>	0%	149,577	0,000	145,929	0,000	61,412	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 3 4 5</i>	0%	495,572	0,000	483,485	0,000	42,750	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Ballast Water 6</i>	0%	160,138	0,000	156,232	0,000	27,317	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
<i>Crew</i>	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
<i>Total Loadcase</i>			2,870,457	4,287,994	2,386,020	43,092	0,000	4,605	2,299,226	
<i>FS correction</i>								0,801		
<i>VCG fluid</i>								5,406		

Loadcase 7										
Item Name	Quantity	Unit mass (ton)	Total mass (ton)	Unit volume	Total volume (m3)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM	FSM type
Lightship	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
Cargo 1	0%	516,947	0,000	856,440	0,000	66,000	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
Cargo 2	0%	516,947	0,000	856,440	0,000	48,000	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
Cargo 3	0%	603,105	0,000	999,180	0,000	28,500	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
After Peak	40%	244,201	97,680	238,245	95,298	2,993	0,000	5,044	682,372	IMO A.749(18)
Fore Peak	99%	275,369	272,616	268,653	265,967	77,510	0,000	4,726	0,000	IMO A.749(18)
Fuel Oil PS	100%	32,479	32,479	34,394	34,394	8,941	-5,102	6,675	0,000	IMO A.749(18)
Fuel Oil SB	100%	32,479	32,479	34,394	34,394	8,941	5,102	6,675	0,000	IMO A.749(18)
Fresh Water PS	100%	22,258	22,258	22,258	22,258	12,737	-5,418	6,575	0,000	IMO A.749(18)
Fresh Water SB	100%	22,258	22,258	22,258	22,258	12,737	5,418	6,575	0,000	IMO A.749(18)
Lubricate Oil	100%	9,936	9,936	10,800	10,800	16,200	0,000	6,500	0,000	IMO A.749(18)
Diesel Oil	100%	9,072	9,072	10,800	10,800	17,400	0,000	6,500	0,000	IMO A.749(18)
Dirty Oil	0%	18,644	0,000	19,744	0,000	14,522	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Dirty Water	0%	25,159	0,000	25,159	0,000	16,789	0,000	0,000	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 1	99%	106,173	105,111	103,583	102,547	70,038	0,000	0,612	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 2	99%	149,577	148,081	145,929	144,470	61,399	0,000	0,605	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 3 4 5	99%	495,572	490,616	483,485	478,650	42,750	0,000	0,607	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 6	99%	160,138	158,536	156,232	154,669	23,573	0,000	0,617	0,000	IMO A.749(18)
Crew	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
Total Loadcase			2,800,321	4,287,994	1,376,505	42,905	0,000	3,784	682,372	
FS correction								0,244		
VCG fluid								4,028		

Loadcase 8										
Item Name	Quantity	Unit mass (ton)	Total mass (ton)	Unit volume	Total volume (m3)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM	FSM type
Lightship	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
Cargo 1	0%	516,947	0,000	856,440	0,000	66,000	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
Cargo 2	0%	516,947	0,000	856,440	0,000	48,000	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
Cargo 3	0%	603,105	0,000	999,180	0,000	28,500	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
After Peak	50%	244,201	122,100	238,245	119,122	2,820	0,000	5,312	682,372	IMO A.749(18)
Fore Peak	99%	275,369	272,616	268,653	265,967	77,510	0,000	4,726	0,000	IMO A.749(18)
Fuel Oil PS	50%	32,479	16,239	34,394	17,197	9,016	-4,961	5,969	8,233	IMO A.749(18)
Fuel Oil SB	50%	32,479	16,239	34,394	17,197	9,016	4,961	5,969	8,233	IMO A.749(18)
Fresh Water PS	50%	22,258	11,129	22,258	11,129	12,749	-5,320	5,839	6,776	IMO A.749(18)
Fresh Water SB	50%	22,258	11,129	22,258	11,129	12,749	5,320	5,839	6,776	IMO A.749(18)
Lubricate Oil	50%	9,936	4,968	10,800	5,400	16,200	0,000	5,750	2,484	IMO A.749(18)
Diesel Oil	50%	9,072	4,536	10,800	5,400	17,400	0,000	5,750	2,268	IMO A.749(18)
Dirty Oil	50%	18,644	9,322	19,744	9,872	14,462	0,000	0,401	123,699	IMO A.749(18)
Dirty Water	50%	25,159	12,579	25,159	12,579	16,849	0,000	0,384	235,902	IMO A.749(18)
Ballast Water 1	99%	106,173	105,111	103,583	102,547	70,038	0,000	0,612	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 2	99%	149,577	148,081	145,929	144,470	61,399	0,000	0,605	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 3 4 5	99%	495,572	490,616	483,485	478,650	42,750	0,000	0,607	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 6	99%	160,138	158,536	156,232	154,669	23,573	0,000	0,617	0,000	IMO A.749(18)
Crew	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
Total Loadcase			2,782,403	4,287,994	1,355,329	43,062	0,000	3,698	1,076,743	
FS correction								0,387		
VCG fluid								4,085		

Loadcase 9										
Item Name	Quantity	Unit mass (ton)	Total mass (ton)	Unit volume	Total volume (m3)	Long. Arm (m)	Trans. Arm (m)	Vert. Arm (m)	Total FSM	FSM type
Lightship	1	1,399,200	1,399,200			40,090	0,000	5,300	0,000	User Specified
Cargo 1	0%	516,947	0,000	856,440	0,000	66,000	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
Cargo 2	0%	516,947	0,000	856,440	0,000	48,000	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
Cargo 3	0%	603,105	0,000	999,180	0,000	28,500	0,000	1,200	0,000	IMO A.749(18)
After Peak	60%	244,201	146,520	238,245	142,947	2,692	0,000	5,543	682,372	IMO A.749(18)
Fore Peak	99%	275,369	272,616	268,653	265,967	77,510	0,000	4,726	0,000	IMO A.749(18)
Fuel Oil PS	10%	32,479	3,248	34,394	3,439	9,251	-4,728	5,257	8,233	IMO A.749(18)
Fuel Oil SB	10%	32,479	3,248	34,394	3,439	9,251	4,728	5,257	8,233	IMO A.749(18)
Fresh Water PS	10%	22,258	2,226	22,258	2,226	12,766	-5,166	5,185	6,776	IMO A.749(18)
Fresh Water SB	10%	22,258	2,226	22,258	2,226	12,766	5,166	5,185	6,776	IMO A.749(18)
Lubricate Oil	10%	9,936	0,994	10,800	1,080	16,200	0,000	5,150	2,484	IMO A.749(18)
Diesel Oil	10%	9,072	0,907	10,800	1,080	17,400	0,000	5,150	2,268	IMO A.749(18)
Dirty Oil	90%	18,644	16,780	19,744	17,769	14,456	0,000	0,625	123,699	IMO A.749(18)
Dirty Water	90%	25,159	22,643	25,159	22,643	16,843	0,000	0,611	235,902	IMO A.749(18)
Ballast Water 1	99%	106,173	105,111	103,583	102,547	70,038	0,000	0,612	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 2	99%	149,577	148,081	145,929	144,470	61,399	0,000	0,605	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 3 4 5	99%	495,572	490,616	483,485	478,650	42,750	0,000	0,607	0,000	IMO A.749(18)
Ballast Water 6	99%	160,138	158,536	156,232	154,669	23,573	0,000	0,617	0,000	IMO A.749(18)
Crew	21	0,070	1,470			13,000	0,000	12,000	0,000	User Specified
Total Loadcase			2,772,952	4,287,994	1,343,153	43,115	0,000	3,663	1,076,743	
FS correction								0,388		
VCG fluid								4,051		

LAMPIRAN B
LINES PLAN CNG CARRIER

TABLE OF HEIGHT ABOVE BASELINE

STATION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
4	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
5	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
8	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
9	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
11	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
12	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
13	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
14	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
15	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
16	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
17	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
18	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
19	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

BODY PLAN

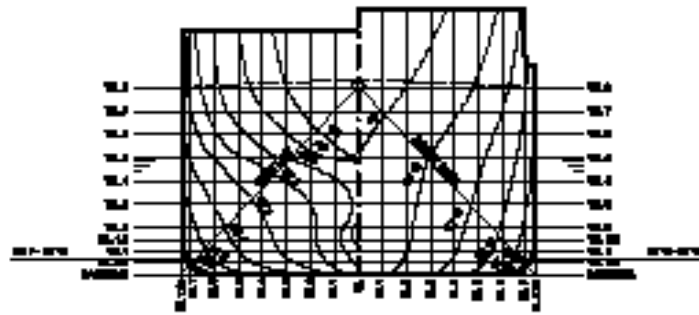
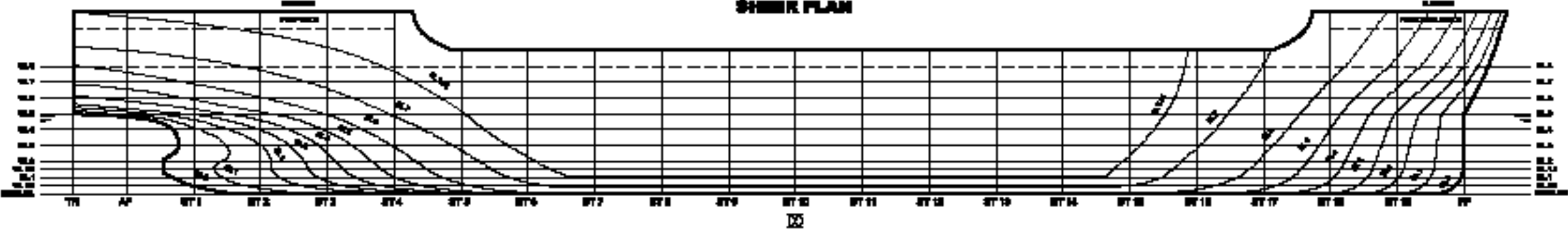


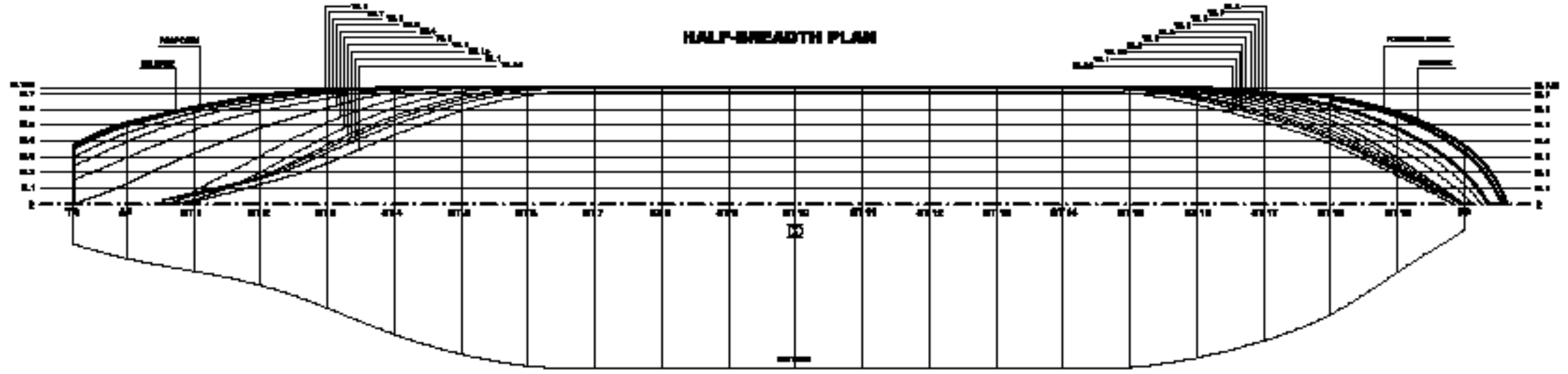
TABLE OF HALF-BREADTH

STATION	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
2	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
3	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
4	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
5	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
7	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
8	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
9	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
10	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
11	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
12	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
13	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
14	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
15	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
16	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
17	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
18	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
19	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
20	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00

SHIP PLAN



HALF-BREADTH PLAN



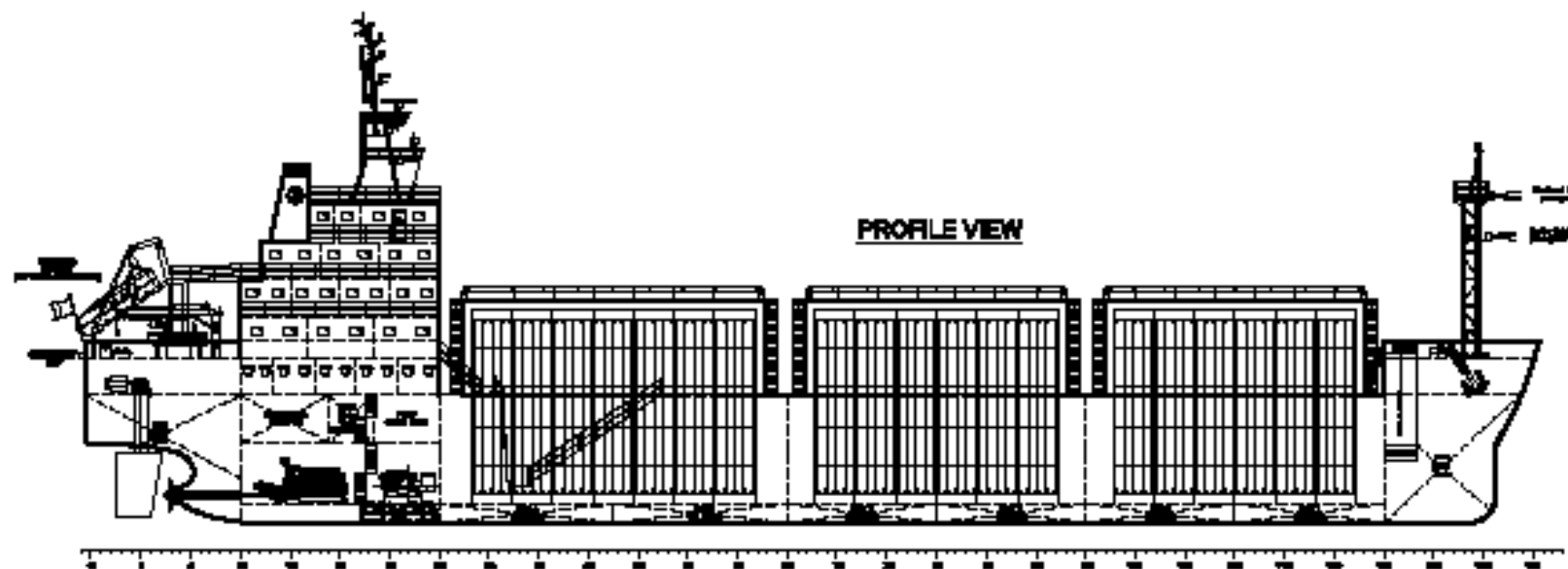
PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	1. 100-Footer
LINE NO.	2. 100-Footer
LOADING AND UNLOADING	3. 100-Footer
...	...

DEPARTMENT OF MARINE ARCHITECTURE
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

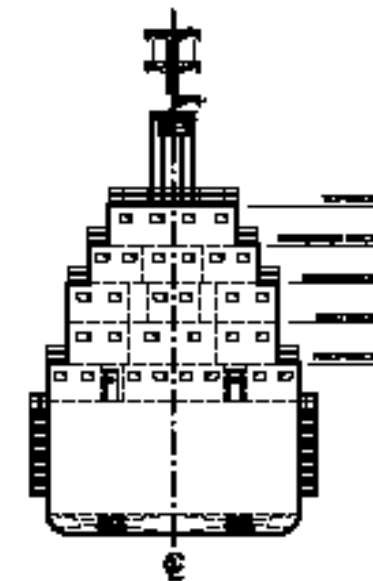
MV TUSAN
LINES PLAN

SCALE	SHEET	REVISION	DATE	DRAWN
1:100	1			
DESIGNED BY	IR. Dedy Nugroho, S.T.			APPROVED
APPROVED BY	Ir. Hedy Andhikar, M.Sc.			IR

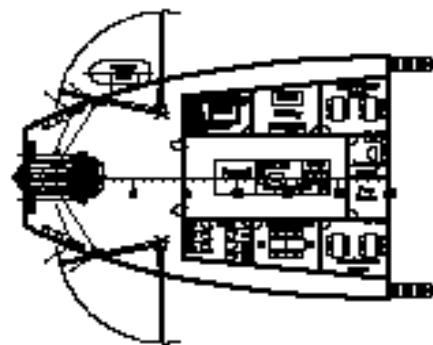
LAMPIRAN C
GENERAL ARRANGEMENT CNG CARRIER



FRONT VIEW



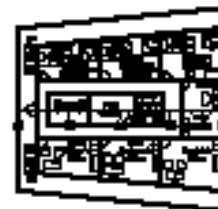
POOP DECK



BOAT DECK



BRIDGE DECK



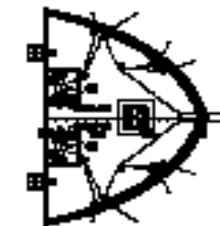
NAVIGATION DECK



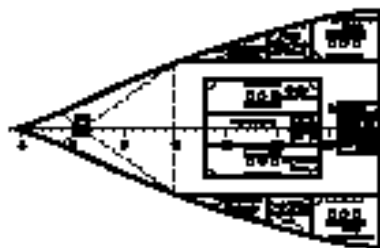
COMPASS DECK



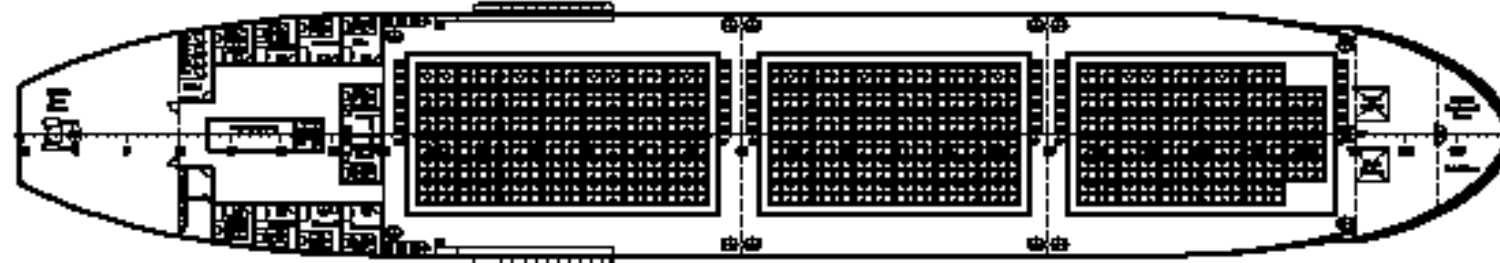
FORECASTLE DECK



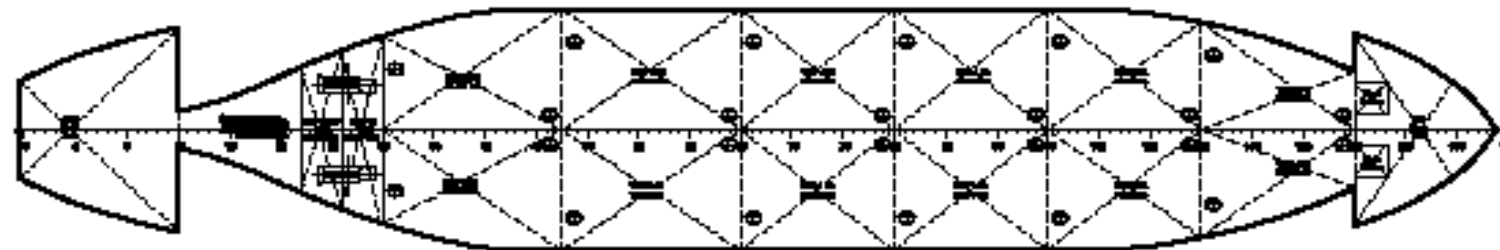
TWEEN DECK at 6 m



MAIN DECK



DOUBLE BOTTOM



PRINCIPAL DIMENSIONS	
LENGTH	60.00 m
LENGTH OVERALL	60.00 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS	52.00 m
BREADTH	10.00 m
DEPTH	5.00 m
DEPTH AT BOW	5.00 m
DEPTH AT AFT	5.00 m
DEPTH AT MIDSHIP	5.00 m
DEPTH AT FORECASTLE	5.00 m
DEPTH AT POOP	5.00 m
DEPTH AT WHEELHOUSE	5.00 m
DEPTH AT MAIN DECK	5.00 m
DEPTH AT TWEEN DECK	5.00 m



DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

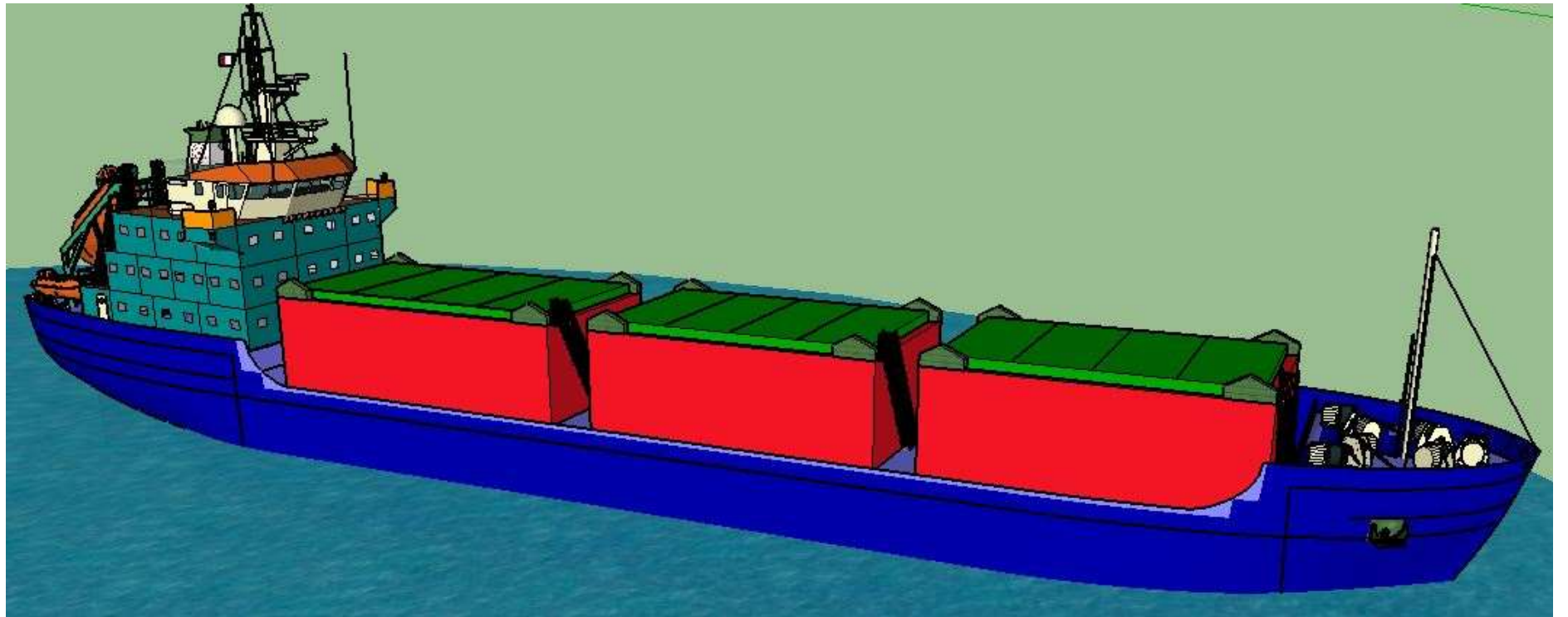
NV TUSAN

GENERAL ARRANGEMENT

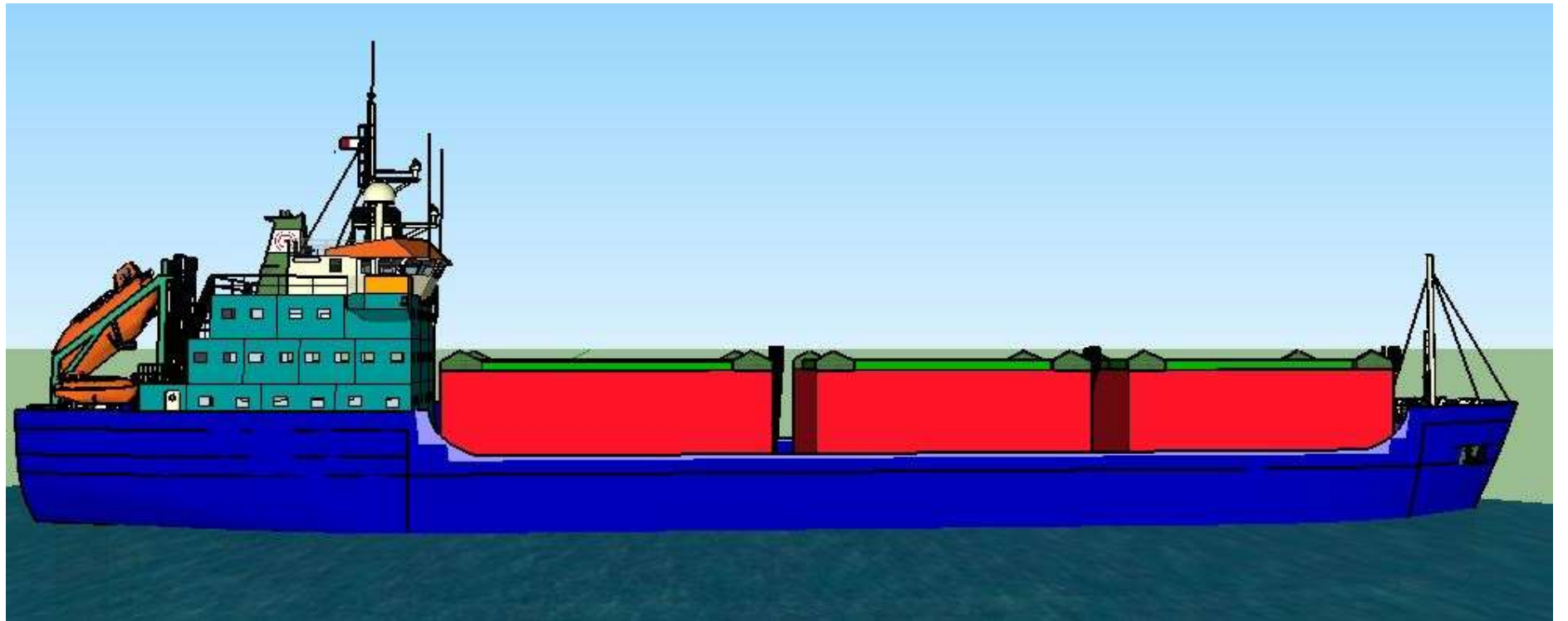
NOVA	1120	DISPLACEMENT	DATE	REVISION
DESIGNED BY	2020 Dedy Nugraha Taha			APPROVED
APPROVED BY	A. Rudy Adhikari, S.T., M.Eng.			AI

LAMPIRAN D
3D MODEL CNG *CARRIER*

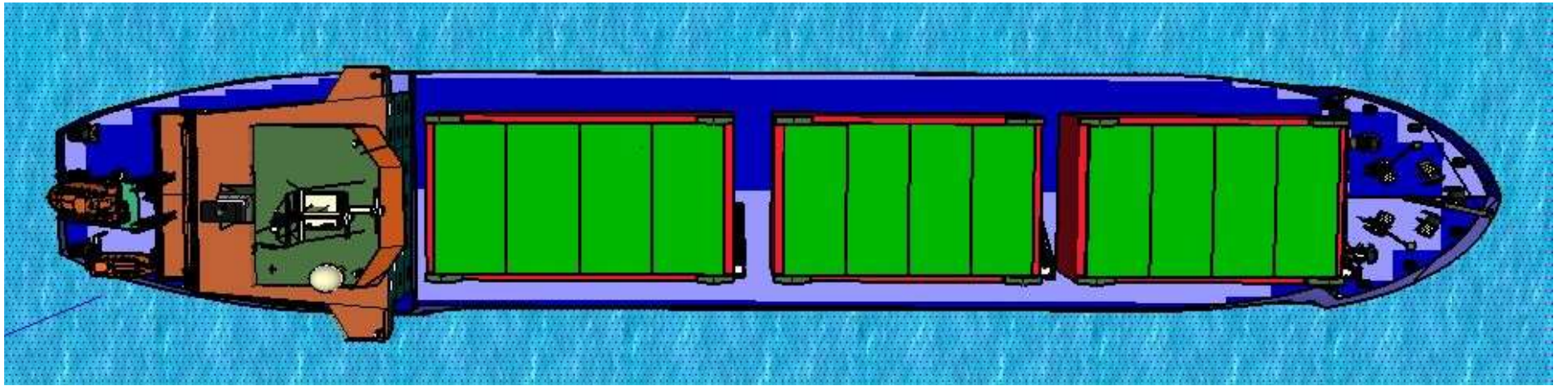
3D Model



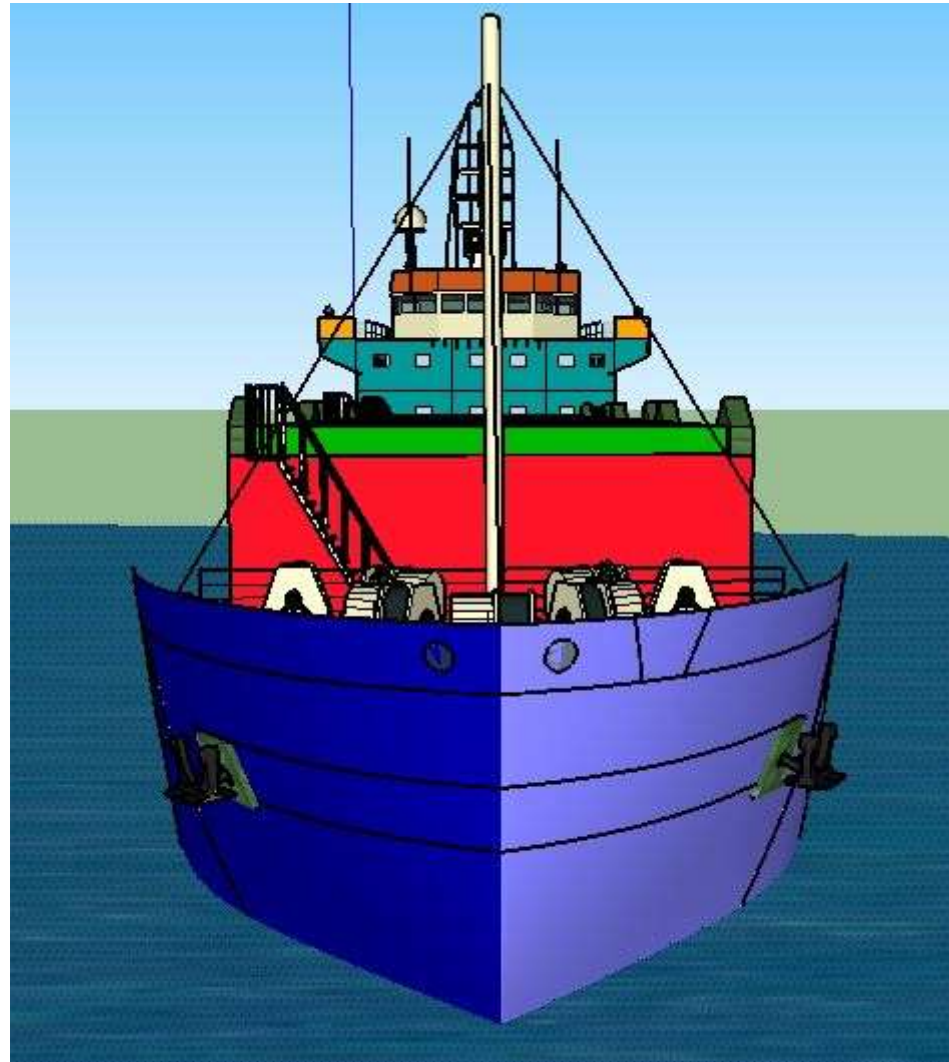
Tampak Samping



Tampak Atas



Tampak Depan



LAMPIRAN E
BERITA-BERITA PENDUKUNG

Delapan Fixed Crane Bakal Dongkrak Kinerja dan Produktivitas Bongkar Muat

Berita Safety & Health diupload oleh Jamrud 23 Februari 2015 - 08:10

Surabaya (22/02) - Delapan unit alat bongkar muat jenis Fixed Crane mulai berdatangan sejak awal Februari 2015 lalu pada tiga lokasi pelabuhan dilingkungan PT Pelabuhan Indonesia III (Persero).

BUMN yang bergerak dalam bidang kepelabuhan itu saat ini telah mulai melakukan pemasangan, melakukan komisioning dan pengetesan sebelum dioperasikan.

“Dana yang dibutuhkan untuk mendatangkan alat tersebut mencapai US\$10,75 juta atau sekitar Rp105 miliar. Dari delapan alat itu, empat unit akan ditempatkan di Pelabuhan Gresik, dua unit di Pelabuhan Batulicin, dan dua unit di Pelabuhan Lembar,” kata Edi Priyanto, Kepala Humas PT Pelindo III.

“New fixed crane ini multifungsi, bisa digunakan untuk bongkar muat petikemas, bongkar muat kayu log, dan juga bongkar muat curah kering, karena telah dilengkapi dengan alat pelengkap berupa spreader 20 feet dan 40 feet, grab untuk kayu log, grab untuk curah kering, serta pengadaan boom park,” tambah Edi.

Edi kembali menjelaskan bahwa pengadaan alat bongkar muat jenis fixed crane dilakukan oleh Pelindo III guna meningkatkan kinerja dan produktivitas bongkar muat pada tiga pelabuhan tersebut, disamping juga arus barang menunjukkan peningkatan yang signifikan.

“Di Pelabuhan Lembar misalnya, penyediaan 2 (dua) unit fixed crane guna meningkatkan kinerja bongkar muat dan mengantisipasi peningkatan arus petikemas yang terus meningkat signifikan”, Ujar Edi.

Realisasi arus petikemas yang melalui Pelabuhan Lembar pada tahun 2012 tercatat 15.188 TEUs, pada tahun 2013 menjadi 20.389 TEUs dan kembali meningkat hingga 32% pada tahun 2014 yang tercatat 27.080 TEUs.

“Demikian halnya dengan penyediaan 2 (dua) unit fixed crane di Pelabuhan Batulicin untuk menunjang arus petikemas dipelabuhan tersebut. Pelabuhan yang merupakan kawasan dari Pelabuhan Kotabaru itu juga mencatat pertumbuhan arus petikemas,” kata Edi. Pada 2013 arus petikemas tercatat sebanyak 9.839 TEUs dan pada 2014 tercatat meningkat menjadi 9.892 TEUs.

Edi selanjutnya menambahkan, terhadap 4 (empat) unit fixed crane lainnya ditempatkan di Pelabuhan Gresik. Penyediaan alat bongkar muat di Pelabuhan Gresik sebagai upaya Korporasi dalam meningkatkan kinerja bongkar muat pada pelabuhan yang lokasinya berdekatan dan enjaulimpahan dari Pelabuhan Tanjung Perak.

Tercatat arus barang pada tahun 2013 sebanyak 4.447.068 ton dan meningkat menjadi 6.557.151 ton pada tahun 2014. Hal ini terlihat pula dengan adanya lonjakan kegiatan bongkar muat curah kering, dimana tercatat 80.430 ton tahun 2013 dan meningkat menjadi 97.490 ton pada tahun 2014.

Peningkatan bongkar muat di Pelabuhan Gresik tersebut meliputi kegiatan bongkar muat CPO, batu kapur, batubara, curah cair dan barang proyek.

Sementara itu kegiatan bongkar muat jenis kayu log pada tahun 2013 hanya tercatat 157.962 ton, namun pada tahun 2014 meningkat menjadi 339.303 ton.

”Lokasi pemasangan empat unit fixed crane di Pelabuhan Gresik diantaranya dua unit fixed crane ditempatkan pada Dermaga Talud Tegak dan dua unit fixed crane lainnya dialokasikan pada Dermaga 78”, kata Onny Djayus GM Pelindo III Cabang Gresik.

”Setelah pemasangan dan dilakukan komisioning dan testing diharapkan bisa mulai beroperasi pada April 2015 mendatang,” tambah Onny.

Onny kembali mengemukakan, bahwa dengan adanya pengembangan pada Dermaga 78 di Pelabuhan Gresik diharapkan akan mampu melayani kapal yang mempunyai kapasitas sekitar 2.000 GT sampai 3.000 GT.

-See more at :

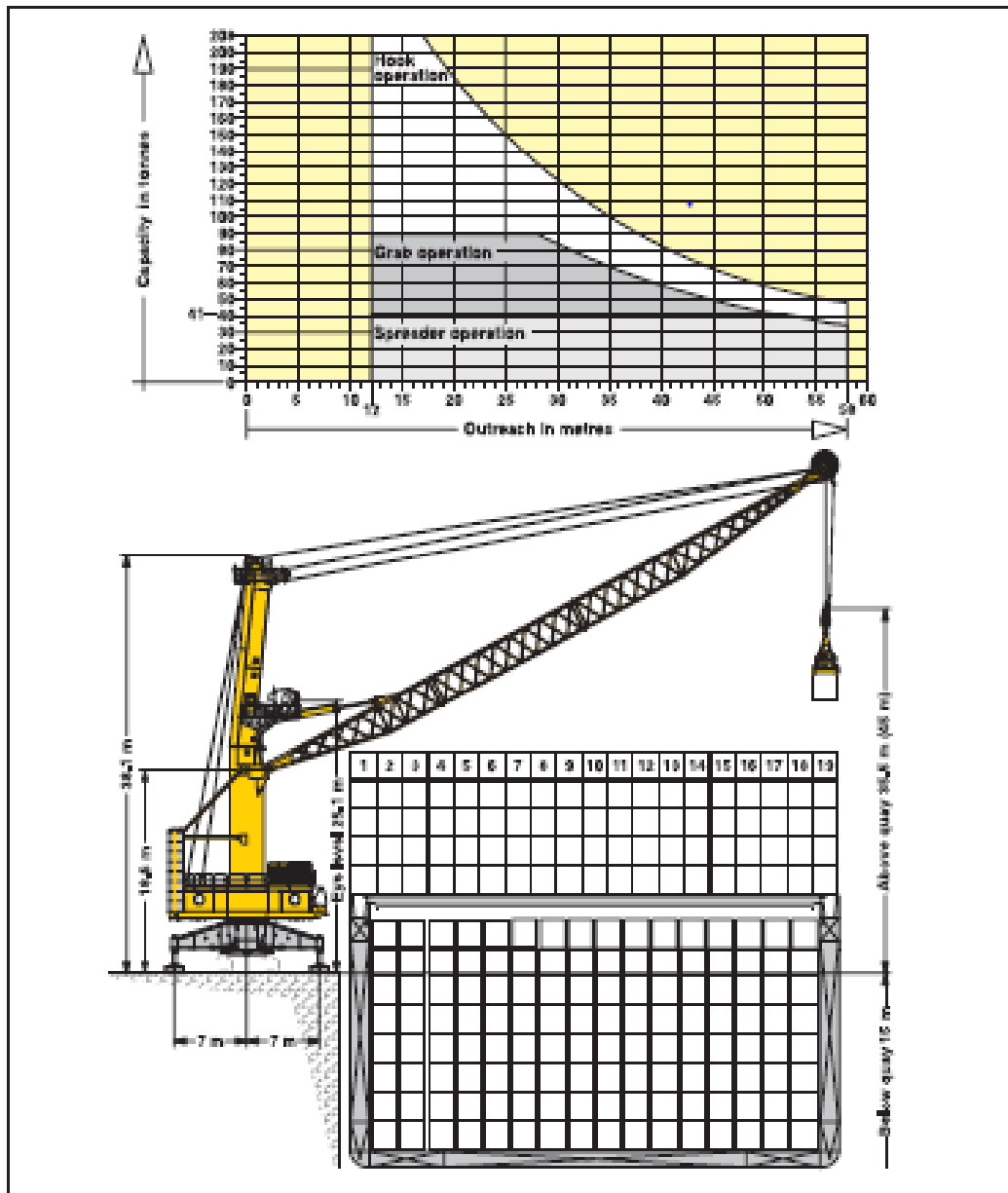
http://www.majalahdermaga.co.id/post/355/delapan_fixed_crane_bakal_dongkrak_kinerja_dan_produkivitas_bongkar_muat#sthash.th12ciyM.dpuf

Harbour mobile crane

LHM 600

Libtronic

The synergy of wide experience, research and development for your success and benefit.



00 2000 Subject to change without notice.

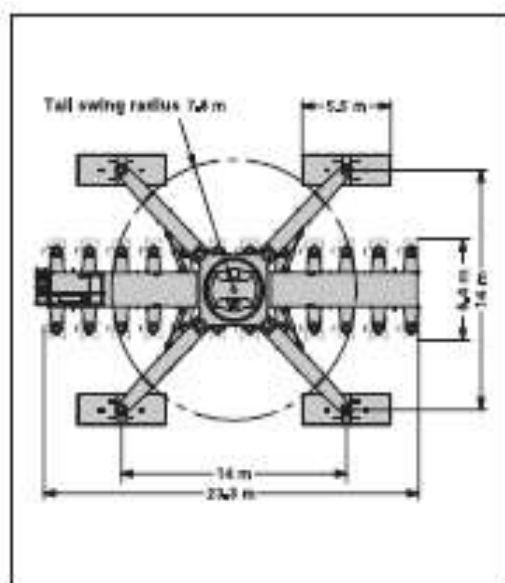
Liebherr-Werk Nenzing GmbH
 P.O. Box 10, A-8710 Nenzing/Austria
 Tel: +43 5625 808-725
 Fax: +43 5625 808-447
 harbourmobile.crane@liebherr.com
 www.liebherr.com

LIEBHERR

Liebherr harbour mobile crane Type LHM 600 Litronic

- utmost performance
- high reliability and quality
- low operational costs
- unsurpassed mobility and versatility
- worldwide service network

Radius	Hook operation	Spreader operation	Grab operation
(m)	(t)	(t)	(t)
12	208.0	41.0	90.0
17	208.0	41.0	90.0
18	203.9	41.0	90.0
20	188.4	41.0	90.0
22	168.4	41.0	90.0
24	153.2	41.0	90.0
25	141.2	41.0	90.0
28	130.4	41.0	90.0
30	120.0	41.0	85.3
32	110.5	41.0	78.8
34	102.0	41.0	72.3
36	94.8	41.0	67.4
38	88.8	41.0	63.0
40	83.7	41.0	58.8
42	77.3	41.0	54.9
44	72.2	41.0	51.3
46	67.8	41.0	48.1
48	63.5	41.0	45.1
50	59.8	41.0	42.4
52	56.1	41.0	39.9
54	53.0	38.3	37.7
56	50.2	36.8	35.7
58	47.8	34.1	34.0



Capacities

Standard operation	144 t
Heavy lift operation	208 t

Main dimensions

Min to max. outreach	12 – 58 m
Height of boom fulcrum	10.6 m
Tower cabin height (eye level)	25.1 m

Hoisting heights

Above quay at minimum radius	45 m
Above quay at maximum radius	35.5 m
Below quay	15 m

Working speeds

Hoisting / lowering	0 – 120 m/min
Swinging	0 – 1.6 rpm
Luffing	0 – 100 m/min
Travelling	0 – 90 m/min

Quay load arrangements

Uniformly Distributed Load	1.5 t/m ²
Max. load per tyre	6.0 t

Due to its unique travelling and supporting system, the parameters of the undercarriage (pad sizes, supporting base and number of side sets) can easily be adapted to comply with the most stringent quay load restrictions.

Weights

Total weight of the crane	approx. 540 t
---------------------------	---------------

Propping arrangements

Standard supporting base	14 m x 14 m
Standard pad dimension	4x 5.5 m x 1.5 m

Liebherr-Work Handling GmbH
P.O. Box 10, A-8710 Nenzing/Austria
Tel.: +43 5525 806-725
Fax: +43 5525 806-447
harbourmobile.crane@liebherr.com
www.liebherr.com

LIEBHERR

Surabaya - PT Terminal Peti Kemas Surabaya (TPS) kedatangan tiga *Container Crane* (CC) baru. CC baru ini sudah menggunakan listrik sebagai energinya. Diharapkan alat baru ini bisa meningkatkan kecepatan proses bongkar muat.

"Tiga unit *crane* baru tersebut dapat melayani kapasitas kapal peti kemas yang lebih besar," ujar Humas PT TPS Muchamad Soleh kepada wartawan di Kantor TPS Jalan Tanjung Mutiara, Kamis (2/2/2017).

Soleh mengatakan, pada umumnya *crane* di Tanjung Perak hanya dapat menjangkau 13-14 row, maka *crane* baru ini dapat melayani hingga 16 row. Jangkauan itu memungkinkan *crane* melayani kapal berkapasitas hingga 35.000 TEUs.



Container Crane di Pelabuhan Tanjung Perak Foto: Imam Wahyudiyanta-detikFinance

Saat ini terhadap tiga CC tersebut sedang dilakukan proses *unloading* yang diperkirakan membutuhkan waktu selama empat hari. Setelah proses testing dan *commisioning*, CC baru ini diperkirakan dapat dioperasikan pada awal Maret 2017.

PT TPS, kata Soleh, saat ini sedang dalam proses mengubah tenaga diesel pada 12 CC yang ada menjadi tenaga listrik (eletrifikasi). Sejak September 2016, proses ini telah dilakukan. Lima CC sudah terelektifikasi dan ditargetkan pada Mei 2017 mendatang seluruh CC di TPS sudah bertenaga listrik.

Ada banyak keuntungan menggunakan listrik dibanding dengan diesel. Salah satunya adalah jam operasional yang meningkat karena berkurangnya waktu pemeliharaan. CC bertenaga listrik tidak membutuhkan banyak perawatan bila dibandingkan dengan CC bertenaga diesel. Satu unit CC bisa membongkar 25 box (kontainer) per jam.

<https://finance.detik.com/berita-ekonomi-bisnis/3412334/terminal-peti-kemas-surabaya-tambah-3-container-crane-listrik-baru>



**MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
REPUBLIK INDONESIA**

**KEPUTUSAN MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL
REPUBLIK INDONESIA**

NOMOR 5899 K/20/MEM/2016

TENTANG

**PENGESAHAN RENCANA USAHA PENYEDIAAN TENAGA LISTRIK
PT PERUSAHAAN LISTRIK NEGARA (PERSERO) TAHUN 2016 S.D. 2025**

MENTERI ENERGI DAN SUMBER DAYA MINERAL REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : a. bahwa percepatan pembangunan infrastruktur ketenagalistrikan termasuk program pembangunan pembangkit 35.000 MW dan jaringan transmisi sepanjang 46.000 km dilaksanakan oleh PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) sesuai dengan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik;
- b. bahwa berdasarkan pertimbangan sebagaimana dimaksud dalam huruf a, telah dilakukan beberapa perubahan yang berpengaruh pada Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2015 s.d. 2024 dalam rancangan Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) Tahun 2016 s.d. 2025;
- c. bahwa berdasarkan ketentuan Pasal 16 ayat (2) Peraturan Pemerintah Nomor 14 Tahun 2012 tentang Kegiatan Usaha Penyediaan Tenaga Listrik sebagaimana telah diubah dengan Peraturan Pemerintah Nomor 23 Tahun 2014, Rencana Usaha Penyediaan Tenaga Listrik harus disahkan oleh Menteri;

No	Pembangkit	Pemasok	BMTUO											
			2014	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025		
1	PITGGAS Kalbar Peaker	UNG Tangguh, LNG Bontang				9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	
2	PITGU Kalbar Peaker 2	UNG Tangguh, LNG Bontang										12.5	12.5	12.5
3	Mobile PP Kalbar	UNG Bontang	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2	12.2
4	PITGU/MGU Bangkalan (Peaker)	Cधीर	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
5	PITGU/MGU Kalael Peaker 1	lelang LNG Indonesia Tengah				20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
6	PITGU/MGU Kalael Peaker 2	JOB Smerggaris (Potensi)							5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
7	PITGU Kalael 1 (Load Follower)	JOB Smerggaris (Potensi)										20.5	20.5	20.5
8	Nusukan	Pertamina (P TAC Sembakung)	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
9	PITWAS Nusukan 2	lelang LNG Indonesia Tengah				2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5	2.5
10	PITWAS Nusukan 1	Bontang, JOB Smerggaris (potensi)						2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
11	Mobile PP Kalimantan	Bontang, JOB Smerggaris (potensi)		3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7	3.7
12	PITGU/MGU Kalimantan Peaker 2	Wiz, Total, Mubadala		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
13	PITGU Kalimantan 1 (Load Follower)	Wiz, Total, Mubadala									20.5	20.5	20.5	20.5
14	Bontang	Total, LNG Bontang	2.1	2.1										
15	Banyu	Pertamina (P Banyu)	1.0											
16	Pesung	Pusat Binao Taka	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
17	Tanjung Batu	Wiz, Total, Mubadala	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
18	Kalim APBN	Wiz, Total, Mubadala	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
19	Sambora	Wiz, Total, Mubadala	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
20	Bakau	JOB Smerggaris (Potensi)			10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
21	PITWAS Malinau	lelang LNG Indonesia Tengah				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
22	PITGU Seripah	Total Seripah		20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
23	PITGU/MGU Minahasa Peaker	lelang LNG Indonesia Tengah				22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0
24	PITWAS Luauk	Pusat Banggai (Potensi)		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
25	PITG Gorontalo Peaker	UNG Sejangkung (Wasambo), Bontang		5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
26	PITGU Sulbagur 1 (Load Follower)	UNG Bontang, DG								20.5	20.5	20.5	20.5	20.5
27	PITWAS Tahuna	lelang LNG Indonesia Tengah				1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
28	PITWAS Tahuna 2	UNG Bontang, Wasambo potensi					0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
29	Mobile PP Bontar	lelang LNG Indonesia Tengah				7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
30	PITWAS Bau Bau	lelang LNG Indonesia Tengah				1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
31	PITWAS Bau Bau 2	UNG Bontang, Wasambo potensi											1.5	1.5
32	Mobile PP Wangi-Wangi	lelang LNG Indonesia Tengah				0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
33	Mobile PP Bombana	lelang LNG Indonesia Tengah				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
34	Mobile PP Kolaka Utara	lelang LNG Indonesia Tengah				0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
35	PITWAS Selayar	lelang LNG Indonesia Tengah				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
36	PITWAS Selayar 2	UNG Bontang, Wasambo potensi							1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
37	PITGU Sulcol Peaker	lelang LNG Indonesia Tengah				20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
38	PITGU Mekassar Peaker	lelang LNG Indonesia Tengah			20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0
39	PITGU Sulbagur 1 (Load Follower)	lelang LNG Indonesia Tengah										45.4	45.4	45.4
40	PITWAS Wajo	Wajo		4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
41	Sengkang	Energy Equity Epic (Sengkang)	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0	45.0
42	Mobile PP Lombok	PLN Batam	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
43	PITGU/MGU Lombok Peaker	CNG GRESIK		5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4	5.4
44	PITGU Lombok 1 (Load Follower)	CNG GRESIK, Wasambo potensi										10.2	10.2	10.2
45	PITWAS Bima	lelang LNG Indonesia Tengah	-			5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
46	PITWAS Bima 2	UNG Bontang, Wasambo potensi						2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
47	PITWAS Sumbawa	lelang LNG Indonesia Tengah	-			5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8
48	Mobile PP Flores	lelang LNG Indonesia Tengah				2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3
49	PITWAS Flores	UNG Bontang, Wasambo potensi			7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2	7.2
50	PITWAS Kupang Peaker	lelang LNG Indonesia Tengah				4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
51	PITWAS Kupang Peaker 2	UNG Bontang, Wasambo potensi						2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
52	PITWAS Timor 1 (Load Follower)	UNG Bontang, Wasambo potensi									4.1	4.1	4.1	4.1
53	PITWAS Maumere	lelang LNG Indonesia Tengah			4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6	4.6
54	PITWAS Waingapu	lelang LNG Indonesia Tengah				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
55	PITWAS Waingapu 2	UNG Bontang, Wasambo potensi				2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
56	PITWAS Alor	lelang LNG Indonesia Tengah	-			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
57	PITWAS Alor 2	UNG Bontang, Wasambo potensi				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
58	PITWAS Rote	lelang LNG Indonesia Tengah	-			0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
59	PITWAS Rote 2	UNG Bontang, Wasambo potensi				0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
60	PITWAS Ambon	UNG Bontang, Tangguh, DG				5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
61	PITWAS Ambon Peaker	UNG Bontang, Tangguh, DG			2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
62	PITWAS Saumlaki	UNG Bontang, Tangguh, DG	-	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
63	PITWAS Saumlaki 2	UNG Bontang, Tangguh, DG				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
64	PITWAS Namlea	UNG Bontang, Tangguh, DG	-	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
65	PITWAS Namlea 2	UNG Bontang, Tangguh, DG						1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
66	PITWAS Namrole	UNG Bontang, Tangguh, DG				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
67	PITWAS Langgur	UNG Bontang, Tangguh, DG	-	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
68	PITWAS Langgur 2	UNG Bontang, Tangguh, DG						2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
69	PITWAS Selem	UNG Bontang, Tangguh, DG	-	-	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
70	PITWAS Selem 2	UNG Bontang, Tangguh, DG					2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
71	PITWAS Sapana	UNG Bontang, Tangguh, DG								1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
72	PITWAS Maa	UNG Bontang, Tangguh, DG								1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
73	PITWAS Gobo	UNG Bontang, Tangguh, DG	-	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
74	PITWAS Gobo 2	UNG Bontang, Tangguh, DG						1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
75	PITWAS Bula	UNG Bontang, Tangguh, DG						1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

No	Pembangkit	Pemasok	BBTUD									
			2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
76	PLTMG Wetar	LNG Bontang, Tangguh, DS				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
77	Mobile PP Ternate	LNG Bontang, Tangguh, DS		3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6	3.6
78	PLTMG Ternate	LNG Bontang, Tangguh, DS			4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
79	PLTMG Tidore	LNG Bontang, Tangguh, DS					2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
80	Mobile PP Sofifi	LNG Bontang, Tangguh, DS		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
81	PLTMG Bacan	LNG Bontang, Tangguh, DS			2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
82	Mobile PP Tobelo	LNG Bontang, Tangguh, DS		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
83	PLTMG Tobelo	LNG Bontang, Tangguh, DS					2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
84	Mobile PP Malifut	LNG Bontang, Tangguh, DS		0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
85	PLTMG Maba	LNG Bontang, Tangguh, DS								1.2	1.2	1.2
86	PLTMG Morotal	LNG Bontang, Tangguh, DS				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
87	PLTMG Halmahera (Load Follower)	LNG Bontang, Tangguh, DS						4.1	4.1	4.1	4.1	4.1
88	PLTMG Sorong	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
89	PLTMG Sorong 2 (Load Follower)	LNG Bontang, Tangguh, Salawati							6.0	6.0	6.0	6.0
90	PLTMG Raja Ampat	LNG Bontang, Tangguh, Salawati			1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
91	Mobile PP Jayapura	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0
92	Mobile PP Manokwari	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
93	PLTMG Manokwari 2	LNG Bontang, Tangguh, Salawati				2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
94	PLTMG Manokwari 3	LNG Bontang, Tangguh, Salawati								2.4	2.4	2.4
95	PLTMG Jayapura Peaker	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8	4.8
96	PLTMG Jayapura 1 (Load Follower)	LNG Bontang, Tangguh, Salawati										4.8
97	Mobile PP Fak Fak	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
98	PLTMG Fak Fak	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
99	PLTMG Serui	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
100	PLTMG Serui 2	LNG Bontang, Tangguh, Salawati				1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
101	Mobile PP Timika	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
102	PLTMG Timika	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		-	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
103	Mobile PP Nabire	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
104	PLTMG Nabire 2	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
105	PLTMG Nabire 3	LNG Bontang, Tangguh, Salawati									1.2	1.2
106	PLTMG Merauke	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
107	PLTMG Merauke 2	LNG Bontang, Tangguh, Salawati			2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
108	PLTMG Bintuni	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		-	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
109	PLTMG Kaimana	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
110	PLTMG Sanana	LNG Bontang, Tangguh, Salawati			1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
111	PLTMG Sarmi	LNG Bontang, Tangguh, Salawati				0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
112	PLTMG Biak	LNG Bontang, Tangguh, Salawati		2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2	2.2
113	PLTMG Biak 2	LNG Bontang, Tangguh, Salawati				2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4	2.4
Jumlah			119.3	216.8	271.2	403.3	421.1	433.5	483.0	513.5	580.5	586.8

Upaya pengurangan konsumsi bahan bakar minyak yang relatif lebih mahal dan lebih kotor dilakukan dengan fuel switching ke bahan bakar gas memanfaatkan infrastruktur CNG atau LNG/mini -LNG. Hal ini akan dijelaskan lebih lanjut di bawah ini.

5.2.1. LNG dan Mini-LNG

Karena LNG membutuhkan infrastruktur yang merubah gas bumi menjadi LNG berikut fasilitas penyimpanan dan regasifikasi untuk merubah kembali ke bentuk gas sebelum dapat dimanfaatkan oleh pembangkit listrik, maka umumnya harga gas dari LNG lebih tinggi dari harga gas pipa, karena itu maka gas ini hanya ekonomis untuk dipakai di pembangkit peaking, bukan pembangkit beban dasar. PLN merencanakan pemanfaatan LNG untuk pembangkit beban puncak dan pembangkit yang bersifat must-run di sistem kelistrikan Jawa-Bali dan Sumatera dan juga di Indonesia Timur apabila jumlah pembangkit jenis base loader sudah mencukupi.

BIODATA PENULIS



Made Dwi Ary Arjana Tusan dilahirkan di Singaraja, 14 September 1995. Penulis merupakan anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat kanak-kanak pada TK 17 Agustus, kemudian melanjutkan ke SDN 6 Bungkulan, SMPN 3 Singaraja dan SMAN 1 Singaraja. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2013 melalui jalur SBMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan, Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, Penulis aktif berkegiatan di Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan (HIMATEKPAL) sebagai Staf ahli Departemen Kesejahteraan Mahasiswa (KESMA) 2015-2016, dan menjadi Kepala Departemen Internal TPKH-ITS tahun 2015-2016. Penulis juga sempat mengikuti beberapa pelatihan, baik pelatihan pembentukan *soft skill* seperti LKMM Pra TD dan pelatihan yang menunjang kebutuhan akademis selama perkuliahan, seperti pelatihan perangkat lunak *AutoCad* dan *Maxsurf*.

Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Mekanika Teknik I dan II, Konstruksi Kapal II dan Teori Bangunan Kapal II.

Email: ary13@mhs.na.its.ac.id/arytusan@gmail.com