



TUGAS AKHIR - MN 141581

**DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS
UNTUK WILAYAH INDONESIA**

KAMALUDDIN
NRP. 4112 100 042

Dosen Pembimbing
Ir. WASIS DWI ARYAWAN, M.Sc., Ph.D.

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



FINAL PROJECT - MN 141581

**DESIGN OF GAS POWER PLANT SHIP FOR
INDONESIA TERRITORY**

KAMALUDDIN
NRP. 4112 100 042

Supervisor
Ir. WASIS DWI ARYAWAN, M.Sc., Ph.D.

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING
ENGINEERING**
Faculty of Marine Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya
2016

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UNTUK WILAYAH INDONESIA

TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal
Program S1 Jurusan Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

Kamaluddin
NRP. 4112 100 042

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing,



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

NIP. 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 30 JUNI 2016

LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UNTUK WILAYAH INDONESIA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal Juni 2016

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

Oleh:

Kamaluddin
NRP. 4112 100 042

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

Ir. Asjhar Imron, M.Sc., MSE., PED.

Hasanudin, S.T., M.T.

Dr. Ir. I Ketut Suastika

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc, Ph.D



SURABAYA, 30 JUNI 2016

*This final project is dedicated to Mom, Dad, my sister and my brother.
my best friends, my close friend, my supporters and my lifetime heroes,
thanks for everything.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya, Tugas Akhir yang berjudul “**Desain Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Gas untuk Wilayah Indonesia**” ini dapat selesai dengan baik. Tidak lupa, pada kesempatan ini, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Perkapalan FTK-ITS dan Dosen Pembimbing Tugas Akhir yang telah berkenan meluangkan waktu, memotivasi dan membagikan ilmunya dalam membimbing selama kuliah dan pengerjaan Tugas Akhir;
2. Bapak Dr. Ir. I Ketut Suastika selaku Dosen Wali.
3. Orang tua dan adik penulis: Bapak Muhammad Faris RM, Ibu Husna, Salma Soraya, Muhammad Abid, atas dukungan dan doa untuk penulis.
4. Dias Wahyu Lestari atas suntikan semangat dan motivasi dalam pengerjaan Tugas Akhir.
5. Kawan-kawan yang selalu mendukung dan berbagi selama masa kuliah : *Dream Team*, P52 FORECASTLE.
6. Rekan-rekan seperjuangan dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
7. Rekan-rekan satu dosen bimbingan Tugas Akhir yang selalu menjadi *partner* terbaik untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini serta nama-nama lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu.

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

Surabaya, 28 Juni 2016

Kamaluddin

DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS UNTUK WILAYAH INDONESIA

Nama Mahasiswa : Kamaluddin
NRP : 4112 100 042
Jurusan/Fakultas : Teknik Perkapalan/Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRAK

Hingga saat ini, di Indonesia masih ada 12.659 desa tertinggal yang belum memperoleh akses listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN), bahkan 2.519 desa diantaranya belum teraliri listrik sama sekali. Pada tanggal 8 Desember 2015 Presiden Joko Widodo meresmikan operasional pembangkit listrik di atas kapal yang menyewa dari Turki untuk daerah Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Selanjutnya juga akan didatangkan *power plant* serupa dari Turki untuk beberapa lokasi antara lain Sumatera Bagian Utara, Kupang, Ambon, dan Lombok. PLN mengklaim ada efisiensi sebesar Rp. 350 miliar per tahun dibanding menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD). Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mendapatkan desain konseptual kapal pembangkit listrik tenaga gas yang memiliki kemampuan mobilitas sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan sumber listrik di wilayah Indonesia. Sehingga pemerintah dapat cepat tanggap terhadap daerah yang mengalami krisis listrik di Indonesia. Proses desain kapal dimulai dari studi literatur dan penentuan *output* daya listrik kapal menggunakan informasi kondisi kelistrikan Nasional dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral Indonesia. Didapatkan daya listrik kapal yang didesain yaitu 144 MW. Kemudian mencari ukuran utama kapal. Setelah itu dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, *trim*, *freeboard*, dan stabilitas. Ukuran utama yang didapatkan adalah $L_{pp} = 150$ m; $B = 31$ m; $H = 16$ m; $T = 4,9$ m. Dari data tersebut kemudian dibuat *Lines Plan* dan *General Arrangement*.

Kata Kunci : Defisit listrik, Indonesia, kapal pembangkit listrik

DESIGN OF GAS POWER PLANT SHIP FOR INDONESIA TERRITORY

Author : Kamaluddin
ID No. : 4112 100 042
Dept./Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine
Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

ABSTRACT

Until now, in Indonesia there are 12.659 underdeveloped villages have not yet gained access to the network of electricity from Perusahaan Listrik Negara (PLN), even 2.519 villages which have never been electricity at all. On December 8, 2015 President Joko Widodo inaugurates power plant operating on a boat rented from Turkey to Amurang, South Minahasa, North Sulawesi. Furthermore, the similar power plant would also be rented from Turkey to other location in Indonesia, that is Northern Sumatra, Kupang, Ambon and Lombok. PLN claims the efficiency of Rp. 350 billion a year compared to using diesel power plants (diesel). The purpose of this final year project is to produce a conceptual design of gas power plants that have the ability of mobility as an attempt to fulfil the needs of the power source in the region of Indonesia. So the government can quickly respond to regional which have electricity crisis. This work process starting from the study of literature and the determination of the ship electric power output using electricity condition information from the National Ministry of Energy and Mineral Resources of Indonesia. Obtained ship designed electric power is 144 MW. Then the main dimension of the vessel is estimated. The initial main dimension is then checked with respect to technical and regulation matter. Finally, the main dimension obtained $L_{pp} = 150$ m; $B = 31$ m; $H = 16$ m; $T = 4.9$ m. Based on the final main dimension, the Lines Plan is created and the General Arrangement is designed to match the owner requirement.

Keywords : Power deficit, Indonesia, power plant ship

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	viii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL	xiii
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah	1
I.2. Perumusan Masalah	2
I.3. Tujuan	2
I.4. Manfaat	2
I.5. Batasan Masalah	3
I.6. Hipotesis	3
I.7. Sistemika Laporan	3
BAB II	5
TINJAUAN PUSTAKA	5
II.1 Gambaran Umum	5
II.2 Teori Desain Kapal	5
II.2.1. <i>Concept Design</i>	6
II.3 Metode Desain Kapal	6
II.3.1. Parent Design Approach	6
II.3.2. <i>Trend Curve Approach</i>	7
II.3.3. <i>Iteratif Design Approach</i>	7
II.3.4. <i>Parametric Design Approach</i>	7
II.3.5. <i>Optimization Design Approach</i>	8
II.4. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)	8
II.5. Prinsip Kerja PLTG	11
II.6. <i>Heavy Fuel Oil</i> (HFO)	13
II.8 Kapal Pembangkit Listrik	14
II.8. Kondisi Sistem Kelistrikan Nasional	17

II.9.	Rute Pelayaran Kapal Pembangkit Listrik	18
II.10.	Tinjauan Teknis Desain Kapal.....	19
II.11.1.	Ukuran Utama Kapal	19
II.11.2.	Perhitungan Hambatan	20
II.11.3.	Perhitungan Daya Mesin	22
II.11.4.	Perhitungan Berat Baja Kapal	22
II.11.5.	Perhitungan Trim dan Stabilitas	23
II.11.6.	Perhitungan <i>Freeboard</i>	24
II.11.	Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>).....	25
II.12.	Rencana Umum (General Arrangement).....	25
BAB III.....		27
METODOLOGI		27
III.1.	Metode Pengerjaan	27
III.2.	Diagram Alir	27
III.3	Langkah Pengerjaan	28
III.3.1	Pengumpulan Data	28
III.3.2	Studi Literatur	28
III.4.	Analisis Data Awal	29
III.4.1	Penentuan Ukuran Utama Awal.....	29
III.4.2	Pembuatan Layout Awal	29
III.4.3	Pehitungan Teknis.....	29
III.4.4	Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum.....	30
BAB IV		31
DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS.....		31
IV.1.	Pendahuluan.....	31
IV.2.	Penentuan <i>Owner Requirements</i>	31
IV.3.	Penentuan Ukuran utama Kapal	34
IV.4.	Perhitungan Awal	35
IV.4.1	Perhitungan Froude Number	36
IV.4.2	Perhitungan Koefisien.....	36
IV.4.3	Perhitungan LCB dan <i>Displacement</i>	37
IV.5.	Perhitungan Hambatan Kapal Total (Rt)	37
IV.5.1	<i>Viscous Resistance</i>	37
IV.5.2	<i>Appendages Resistance</i>	38
IV.5.3	<i>Wave making Resistance</i>	41
IV.5.4	<i>Model Ship Correlation Allowance</i>	42

IV.6.	Perhitungan Power dan Pemilihan Mesin Induk.....	43
IV.7.	Perhitungan Berat Permesinan dan Titik Berat Permesinan.....	45
IV.8.	Penentuan <i>Gas Power Plant</i>	46
IV.9.	Perhitungan Berat <i>Gas Power Plant</i> dan Titik Berat <i>Gas Power Plant</i>	50
IV.10.	Perhitungan Berat Baja	51
IV.11.	Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan	51
IV.12.	Perhitungan Berat <i>Consumable</i>	52
IV.13.	Perhitungan Berat Kapal.....	53
IV.10.1	Perhitungan DWT	53
IV.10.2	Perhitungan berat LWT.....	54
IV.14.	Perhitungan Titik Berat Kapal	55
IV.15.	Perhitungan <i>Trim</i>	55
IV.16.	Perhitungan <i>Freeboard</i>	57
IV.17.	Perhitungan Stabilitas	58
IV.18.	Pembuatan Lines Plan.....	59
IV.19.	Pembuatan General Arrangement	63
BAB V.....		67
KESIMPULAN DAN SARAN.....		67
V.1.	Pendahuluan	67
V.2.	Kesimpulan.....	67
V.3.	Saran.....	68
DAFTAR PUSTAKA		69
LAMPIRAN		

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. <i>The spiral diagram</i>	6
Gambar II.2. Skema turbin gas (PLTG).....	8
Gambar II.3. Siklus Brayton	11
Gambar II.4. <i>Simple cycle system</i>	13
Gambar II.5. <i>Combined cycle system</i>	13
Gambar II.6. Frekuensi listrik dunia	18
Gambar II.7. Peta prakiraan tinggi gelombang di Indonesia	19
Gambar II.8. Peta prakiraan arus laut di Indonesia.....	19
Gambar III.1. Diagram alir metodologi pengerjaan.....	27
Gambar IV.1. Kondisi sistem kelistrikan Indonesia 2015	31
Gambar IV.2 Rute pelayaranterjauh kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain.	33
Gambar IV.3 Jarak pelayaran dari Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya ke Pelabuhan Jayapura.....	33
Gambar IV.4. Gas turbin sistem pembangkit listrik tenaga gas.....	47
Gambar IV.5. Pemodelan kapal awal menggunakan software <i>Maxsurf Education Version</i>	48
Gambar IV.6 Layout PLTG pada katalog turbin	49
Gambar IV.7 Layout PLTG MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan	49
Gambar IV.8 Layout Awal PLTG di dalam kapal	50
Gambar IV.9 Penempatan tangki menggunakan software <i>Maxsurf Stability Advanced Education Version</i>	53
Gambar IV.10 Model kapal PLTG tampilan <i>Maxsurf Education Version</i>	59
Gambar IV.11 Tab <i>Size Surface</i>	60
Gambar IV.12 Pengaturan jumlah <i>Section, Buttock, dan Waterline</i>	61
Gambar IV.13 Pengaturan sarat dari model <i>Maxsurf Education Version</i>	61
Gambar IV.14 Perhitungan Hidrostatik <i>Maxsurf Education Version</i>	62
Gambar IV.15 <i>Lines Plan</i> kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain.....	63
Gambar IV.16 <i>General Arrangement</i>	66

DAFTAR TABEL

Tabel II.1. Spesifikasi <i>Heavy Fuel Oil</i> (HFO)	14
Tabel II. 2. Harga $1+k_2$	21
Tabel IV.1 Rangkuman beban daya listrik dari 22 sistim kelistrikan di Indonesia	32
Tabel IV.2. Daftar kapal pembanding yang digunakan	34
Tabel IV.3 Penggunaan Cstern	38
Tabel IV.4 Harga effective form factor.....	40
Tabel IV.5 Daftar berat <i>Gas Power Plant</i>	50
Tabel IV.6 Titik Berat dari <i>Gas Power Plant</i>	50
Tabel IV.7 <i>Crew</i> kapal pembangkit listrik tenaga gas	52
Tabel IV.8 Berat DWT kapal	53
Tabel IV.9 Berat LWT kapal	54
Tabel IV.10 Titik berat kapal total menggunakan <i>Maxsurf Stability Advanced Education Version</i>	55
Tabel IV.11 Hasil perhitungan stabilitas.....	58

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia yang merupakan negara kepulauan cenderung memiliki permasalahan terkait dengan pemerataan pembangunan, khususnya pembangunan di daerah kepulauan. Hingga saat ini, masih ada 12.659 desa tertinggal yang belum memperoleh akses listrik dari jaringan Perusahaan Listrik Negara (PLN), bahkan 2.519 desa diantaranya belum teraliri listrik sama sekali. Desa-desa ini sebagian besar tersebar di Provinsi Papua dan di kawasan Indonesia Timur lainnya (Sujatmiko, 2016).

Pemerintah, dalam rangka mewujudkan "terang untuk semua", meluncurkan Program Indonesia Terang atau PIT. Program ini bertujuan menyediakan akses listrik bagi seluruh rakyat Indonesia (Said, 2016). Satu diantara langkahnya, pada tanggal 8 Desember 2015 Presiden Joko Widodo meresmikan operasional pembangkit listrik di atas kapal atau *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) milik PT Perusahaan Listrik Negara. Presiden menganggap fasilitas yang bisa berpindah tempat tersebut sebagai pilihan tepat untuk mengatasi kekurangan listrik di sejumlah daerah (Ardhian & Nafi, 2015).

PT PLN (Persero) menyewa Pembangkit Listrik Tenaga Gas/PLTG terapung, Kapal *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) Karadeniz Powership Zeynep Sultan, berkapasitas 120 Mega Watt (MW). Kapal berisi pembangkit listrik yang baru datang dari Turki ini akan menuju Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Kemudian PLN juga akan mendatangkan *power plant* serupa untuk beberapa lokasi antara lain Sumatera Bagian Utara (240 MW), Kupang (60 MW), Ambon (60 MW), dan Lombok (60 MW) (Wicaksono, 2015). PLN akan membeli listrik dari kapal ini dengan harga Rp 1.700 Rp 1.800 per kilowatt jam (kWh). Dengan begitu PLN mengklaim ada efisiensi sebesar Rp 350 miliar per tahun dibanding menggunakan pembangkit listrik tenaga diesel (PLTD) (Ardhian & Nafi, 2015).

Kapal pembangkit listrik ini digunakan di daerah yang mengalami krisis sumber listrik, sembari menunggu perbaikan atau pembangunan pembangkit listrik yang membutuhkan waktu relatif lama, yaitu 3 sampai dengan 5 tahun, di daerah tersebut. Karena kemampuan mobilitasnya, menjadikan kapal pembangkit listrik ini menjadi solusi cepat dalam penyediaan sumber listrik di daerah-daerah yang mengalami krisis

sumber listrik dan sangat cocok diaplikasikan di negara kepulauan seperti Indonesia. Sehingga pemerintah dapat cepat tanggap terhadap daerah yang mengalami krisis listrik.

Untuk memenuhi kebutuhan kapal pembangkit listrik di wilayah Indonesia, maka dalam penelitian ini dibahas desain kapal pembangkit listrik tenaga gas yang memiliki kemampuan mobilitas sebagai upaya untuk memenuhi kebutuhan sumber listrik di wilayah Indonesia.

I.2. Perumusan Masalah

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

1. Bagaimana menentukan besar *output* daya listrik pada kapal PLTG?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal PLTG?
3. Bagaimana perhitungan teknis dan regulasi dari kapal PLTG?
4. Bagaimana membuat desain rencana garis (*Linesplan*) kapal PLTG?
5. Bagaimana membuat desain rencana umum (*General Arrangement*) kapal PLTG?

I.3. Tujuan

Berdasarkan dari latar belakang dari Tugas Akhir ini, maka Tujuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah:

1. Mendapatkan besar *output* daya listrik pada kapal PLTG.
2. Mendapatkan ukuran utama kapal PLTG.
3. Mendapatkan hasil perhitungan teknis dan regulasi dari kapal PLTG.
4. Mendapatkan desain rencana garis (*Linesplan*) kapal PLTG.
5. Mendapatkan desain rencana umum (*General Arrangement*) kapal PLTG.

I.4. 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 pembangkit listrik yang memiliki kemampuan mobilitas sehingga dapat memenuhi kebutuhan sumber listrik di daerah yang mengalami krisis listrik secara cepat.

I.5. Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Menggunakan kapal baja.
2. Kapal pembangkit listrik yang dimaksud adalah kapal kargo yang difungsikan sebagai pembangkit listrik tenaga gas yang memiliki kemampuan mobilitas.
3. Masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas *concept design*.
4. Pembuatan dan perhitungan Rencana Garis Kapal menggunakan software *Maxsurf Education Version, Microsoft Excel, dan CAD*.
5. Analisis Teknis yang dilakukan pada pengerjaan Tugas Akhir ini meliputi perhitungan hambatan (*resistance*), perhitungan *power* penggerak kapal, stabilitas kapal (*ship stability*), lambung timbul (*Freeboard*), perhitungan *trim*, pembuatan Rencana Garis (*Linesplan*), dan Rencana Umum (*General Arrangement*).
6. Tidak membahas perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.
7. Tidak membahas sistem pembangkit listrik tenaga gas dan instalasi penyaluran listrik dari kapal PLTG ke daratan.

I.6. Hipotesis

Desain konseptual kapal pembangkit listrik tenaga gas ini diharapkan dapat menjadi pertimbangan sebagai solusi untuk memenuhi kebutuhan sumber listrik di daerah yang mengalami krisis sumber listrik secara cepat di wilayah Indonesia.

I.7. Sistemika Laporan

Sistemika penulisan laporan yang disusun untuk pengerjaan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

LEMBAR JUDUL

LEMBAR PENGESAHAN

KATA PENGANTAR

ABSTRAK

ABSTRACT

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

BAB I. PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah serta batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini, manfaat yang diperoleh, dan sistematika penulisan laporan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian Tugas Akhir. Dasar-dasar teori, informasi daerah pelayaran serta persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir tercantum dalam bab ini.

BAB III. METODOLOGI

Bab ini berisi tahapan metodologi dalam menyelesaikan permasalahan secara berurutan dimulai dari tahap pengumpulan data dan studi literatur, hingga pengolahan data untuk analisis lebih lanjut yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan guna menjawab perumusan masalah yang sudah ditentukan.

BAB IV. DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS

Bab ini merupakan inti dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini akan dibahas mengenai proses perhitungan teknis seperti hambatan, propulsi, *freeboard*, stabilitas, dan perhitungan teknis lainnya yang nanti menghasilkan ukuran utama kapal akhir. Setelah ukuran utama kapal akhir didapatkan, maka proses selanjutnya yang dilakukan adalah mendesain Rencana Garis dari kapal tersebut. Setelah Rencana Garis dibuat, maka proses selanjutnya adalah membuat desain Rencana Umum. Pembuatan desain Rencana Garis dan Rencana Umum ini menggunakan software *CAD* dan *Maxsurf Education Version*.

BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari proses penelitian yang dilakukan serta memberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Gambaran Umum

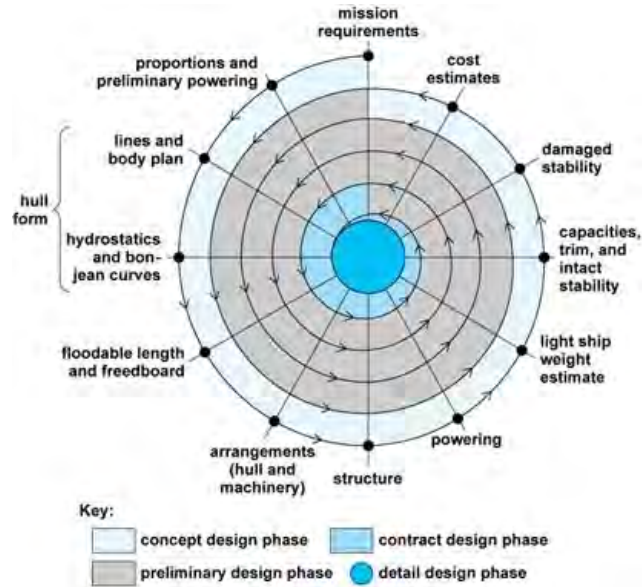
Proses mendesain dan membangun kapal selalu memiliki keterkaitan dengan dunia bisnis. Dimana dalam proses pembangunan kapal didasarkan pada permintaan atau pemesanan. Sebelum dilakukan pembangunan kapal, terlebih dahulu seorang desainer membuat desain gambar kapal. Dalam mendesain gambar, dibutuhkan data spesifik permintaan pemilik kapal, yang nantinya akan diterjemahkan dalam bentuk gambar, spesifikasi dan data yang lebih mendetail. Proses desain dari sebuah kapal merupakan suatu proses yang berulang-ulang, dan saling berhubungan, yang nantinya terbagi lagi ke dalam beberapa tahap detail.

Pada umumnya, permintaan dari pemilik kapal adalah terdiri dari kapasitas daya angkut muatan (*payload*), kecepatan dinas, dan rute pelayaran yang diminta, yang umumnya disebut *owner's requirement*. Peranan seorang desainer kapal adalah mampu menerjemahkan ketiga poin tersebut dan mampu melakukan proses desain kapal yang sesuai sehingga memberikan keuntungan pada saat pengoperasian kapal tersebut. Sedangkan disisi lain, dalam proses desain kapal terdapat batasan-batasan yang dibuat oleh pemilik kapal, diantaranya adalah biaya kapal baik berupa biaya pembangunan ataupun biaya operasional, regulasi-regulasi yang berlaku, serta batasan wilayah operasional kapal seperti sarat di dermaga dan kondisi gelombang. Sehingga dengan adanya *owner's requirements* dan batasan-batasan tersebut, tugas utama seorang desainer kapal adalah mampu mendesain kapal yang dapat memenuhi kedua hal tersebut (Aryandiandra, 2015).

II.2 Teori Desain Kapal

Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis yang dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada desain spiral (*the spiral design*) seperti pada Gambar II.1. Desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design* (Watson, 1998).

Pada Tugas Akhir ini, dilakukan pendesainan kapal pembangkit listrik tenaga gas sebatas *concept design* saja. Oleh karena itu, proses desain yang dibahas hanya sebatas *concept design*.



Gambar II.1. *The spiral diagram*
<http://navalarchitectsaustralia.blogspot.co.id>

II.2.1. *Concept Design*

Concept design atau konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner requirement*. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi desainer untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi kendala/permasalahan yang ada. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa gambar atau sketsa, baik sebagian ataupun secara lengkap (Aryandiandra, 2015).

II.3 Metode Desain Kapal

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

II.3.1. *Parent Design Approach*

Parent design approach merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara menganbil sebuah kapal

yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini desainer sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah :

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

II.3.2. Trend Curve Approach

Dalam proses desain kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan *main dimension*. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi di mana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

II.3.3. Iteratif Design Approach

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

II.3.4. Parametric Design Approach

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

II.3.5. Optimization Design Approach

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Dalam hal ini, disain yang optimum dicari dengan menemukan disain yang akan meminimalkan *economic cost*. Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, freeboard, trim, dan harga kapal.

II.4. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)

Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG) merupakan sebuah pembangkit listrik yang menggunakan peralatan/mesin turbin gas sebagai penggerak generatornya. Turbin gas dirancang dan dibuat dengan prinsip kerja yang sederhana dimana energi panas yang dihasilkan dari proses pembakaran bahan bakar diubah menjadi energi mekanis dan selanjutnya diubah menjadi energi listrik atau energi lainnya sesuai dengan kebutuhannya (Hariyanto, 2015).

Gas yang digunakan untuk memutar gas turbin ini diperoleh dari hasil pembakaran bahan bakar dengan menggunakan suhu tinggi (sekitar 2000°C) dan udara bertekanan. Bahan bakar yang digunakan dapat berupa *Natural Gas* ataupun *Heavy Fuel Oil* (HFO). Gas buang sisa proses ini memiliki suhu yang relatif masih tinggi (sekitar 500°C), oleh karena itu gas buang tersebut masih dapat dimanfaatkan untuk memanaskan air di dalam pipa-pipa *Heat Recovery Steam Generator* (HRSG) yang nantinya uap dari pemanasan tersebut akan digunakan untuk memutar *steam turbine* dan menghasilkan daya listrik tambahan.

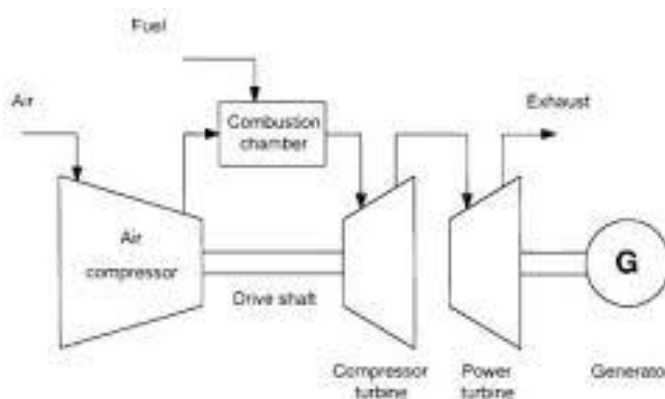


Figure 2.4 Two-shaft gas turbine.

Gambar II.2. Skema turbin gas (PLTG)
(<http://blogs.itb.ac.id>)

Pembangkit listrik Tenaga Gas terdiri atas beberapa bagian-bagian penting yang harus ada. Adapun bagian-bagian dari Pembangkit Listrik Tenaga Gas adalah sebagai berikut :

1. *Natural Gas Line*

Merupakan saluran masuknya udara alami dari luar yang membantu proses pembakaran.

2. *Oil Storage*

Merupakan tangki yang digunakan untuk menampung bahan bakar.

3. *Air Intake*

Merupakan saluran masuknya udara dari atmosfer yang akan ditekan kedalam ruang pembakaran menggunakan kompresor. Di dalam *air intake* terjadi pula proses penyaringan udara kotor agar tidak masuk ke dalam ruang bakar turbin sehingga dapat meminimalisir terjadinya kerusakan pada turbin.

4. *Compressor*

Merupakan alat yang digunakan untuk menekan udara yang masuk dari *air intake* menuju ke ruang pembakaran. Didalam kompresor terjadi proses kompresi, yaitu menaikkan temperatur dan tekanan dari udara agar terjadi proses pembakaran yang sempurna.

5. *Combustion Chambers*

Merupakan tempat yang digunakan untuk proses pembakaran. Bahan bakar dicampurkan dengan udara yang telah terkompresi dengan temperatur dan tekanan yang sangat tinggi sehingga menghasilkan tenaga mekanik untuk menggerakkan turbin.

6. Turbin Gas

Alat yang memanfaatkan gas sebagai fluida untuk memutar turbin dengan memanfaatkan kompresor dan mesin pembakaran internal. Di dalam turbin gas, energi kinetik dikonversikan menjadi energi mekanik melalui udara bertekanan yang memutar sudu turbin sehingga menghasilkan daya. Sistem turbin gas terdiri dari tiga komponen utama, yaitu kompresor, ruang bakar dan turbin.

7. Generator

Generator listrik adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanis. Generator terdiri dari dua bagian utama, yaitu *rotor* dan *stator*. *Rotor* terdiri dari besi yang dililit oleh kawat dan dipasang secara melingkar sehingga

membentuk pasangan kutub utara dan selatan. Jika kutub ini dialiri arus eksitasi dari *Automatic Voltage Regulator* (AVR), maka akan timbul magnet. Rotor terletak satu poros dengan turbin dan dihubungkan melalui gigi-gigi putar, sehingga jika turbin berputar maka rotor juga ikut berputar. Generator selanjutnya merubah energi mekanik dari turbin menjadi energi listrik. Magnet yang berputar memproduksi tegangan di kawat setiap kali sebuah kutub melewati *coil* yang terletak di *stator*. Lalu tegangan inilah yang kemudian menjadi listrik. Agar generator bisa menghasilkan listrik, ada tiga hal yang harus diperhatikan, yaitu:

- a. Putaran. Putaran dari generator dipengaruhi oleh putaran dari turbin.
- b. Kumbaran. Banyak dan besarnya kumbaran dari *stator* akan mempengaruhi besarnya daya listrik yang dihasilkan.
- c. Magnet. Magnet dihasilkan dari putaran rotor.

8. Transformator

Berfungsi untuk mentransmisikan dan mengubah energi dari ukuran satu ke ukuran yang lain. Transformator yang digunakan adalah transformator *step up*. Karena digunakan untuk mengubah energi yang dihasilkan generator menjadi energi yang lebih besar ukurannya.

9. Jalur Transmisi

Berfungsi untuk mengalirkan energi listrik dari PLTG menuju konsumen listrik yaitu rumah-rumah dan pusat industri.

10. Exhaust

Merupakan saluran pembuangan udara-udara sisa yang tidak terpakai lagi setelah digunakan untuk memutar turbin (Sandi, Yulio, Yusra, Suryadi, & Syafliwana, 2015).

Ada beberapa keunggulan dari penggunaan Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG), antara lain:

1. Fleksibel dalam pengoperasian. Memiliki waktu *start* dan *stop* yang relatif lebih cepat dibandingkan dengan jenis pembangkit listrik lain.
2. Beban fondasi yang lebih ringan.
3. Tidak membutuhkan lahan yang luas.
4. Keandalan yang tinggi, karena alat bantu sedikit sehingga kemungkinan kerusakan juga kecil.
5. Emisi lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan pembangkit listrik lain.

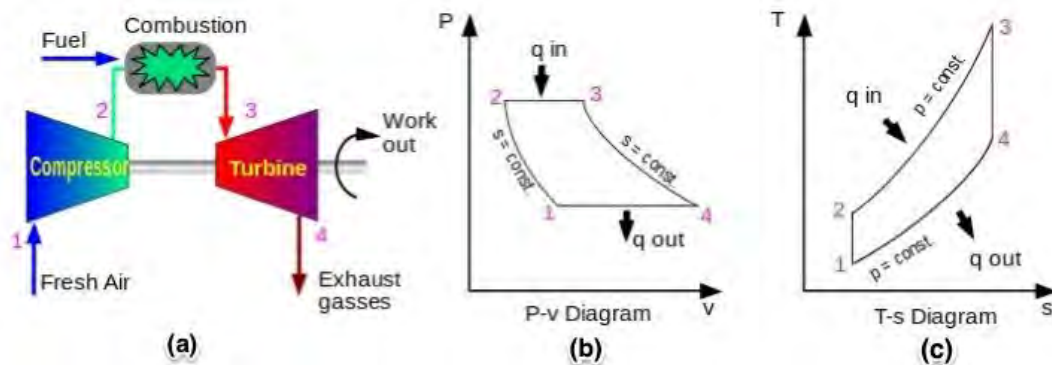
6. Investasi awal cukup murah.
7. Jumlah air pendingin tidak terlalu banyak jika dibandingkan dengan PLTU konvensional untuk daya yang sama.

Sedangkan kekurangan daripada pembangunan pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) ini adalah sebagai berikut:

1. Biaya pemeliharaan mahal, karena harga suku-sudunya mahal.
2. Perlu sering dilakukan pemeriksaan terhadap area yang dilewati gas panas.
3. Hanya bisa menggunakan bahan bakar jenis tertentu (cair dan gas).
4. Usia tidak panjang (Gani, 2013).

II.5. Prinsip Kerja PLTG

Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) mempunyai beberapa peralatan utama seperti: Turbin gas (*Gas Turbine*), Kompresor (*Compressor*), Ruang Bakar (*Combustor*). Prinsip kerja dari sebuah PLTG didasarkan pada siklus Brayton seperti pada Gambar II.3.



Gambar II.3. Siklus Brayton
(<http://artikel-teknologi.com>)

Penjelasan tentang siklus Brayton sesuai dengan Gambar II.3 adalah sebagai berikut.

Proses 1-2: Proses pemampatan udara secara isentropik dengan menggunakan kompresor.

Proses 2-3: Pemasukan bahan bakar pada tekanan konstan. Pemasukan bahan bakar ini dilakukan di dalam combuster.

Proses 3-4: Proses ekspansi gas hasil pembakaran (dari combuster). Ekspansi gas panas hasil pembakaran dilakukan pada turbin. Ekspansi dilakukan dalam kondisi isentropik.

Proses 4-1: Proses pembuangan panas pada tekanan konstan.

Pada proses pemampatan udara (proses 1-2), secara termodinamika kompresor membutuhkan kerja sebesar selisih entalpi antara inlet kompresor dengan *exhaust* kompresor. Pada *combuster* (proses 2-3) terjadi pemasukan kalor dari pembakaran bahan bakar bersama-sama dengan udara yang dimampatkan. Sedangkan pada proses ekspansi pada turbin (proses 3-4), gas hasil pembakaran digunakan sebagai tenaga untuk memutar sudu-sudu pada rotor turbin. Rotor yang berputar ini akan memutar poros/*shaft* yang akan memutar poros generator. Generator inilah yang akan membangkitkan listrik. Isentropik merupakan kondisi entropi yang terjadi konstan

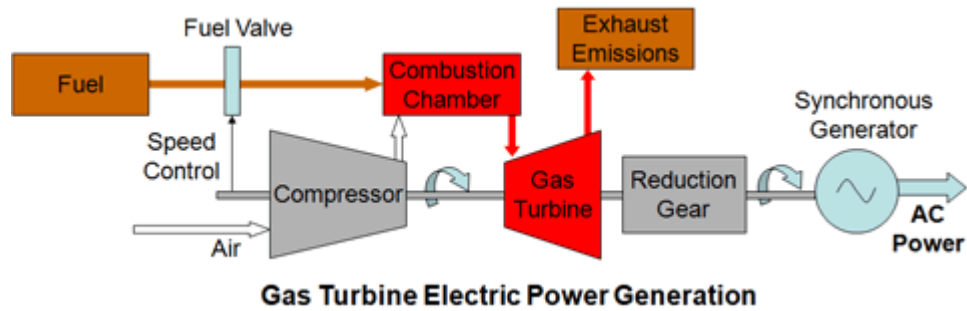
Proses dihasilkannya listrik oleh PLTG adalah pertama udara dengan tekanan atmosfer ditarik masuk ke dalam kompresor setelah sebelumnya udara disaring untuk memastikan tidak ada kotoran yang masuk, kemudian udara ditekan masuk ke dalam kompresor. Udara ditekan masuk ke dalam ruang bakar dengan tekanan 250 Psi dicampur dengan bahan bakar dan dibakar dalam ruang bakar dengan temperatur 2000-3000° F. Gas hasil pembakaran yang merupakan energi termal dengan temperature dari tekanan yang tinggi yang suhunya kira-kira 900° C.

Dari energi panas yang dihasilkan ini kemudian akan dimanfaatkan untuk memutar turbin dimana di dalam sudu-sudu gerak dan sudu-sudu diam turbin, gas panas tersebut, temperature dan tekanan mengalami penurunan dan proses ini biasa disebut dengan proses ekspansi. Selanjutnya energi mekanis yang dihasilkan oleh turbin digunakan untuk memutar generator hingga menghasilkan energi listrik (Najamudin, 2011).

Turbin Gas yang digunakan sebagai penggerak generator oleh PLTG memiliki 2 jenis sistem, yaitu:

1. *Simple Cycle System*

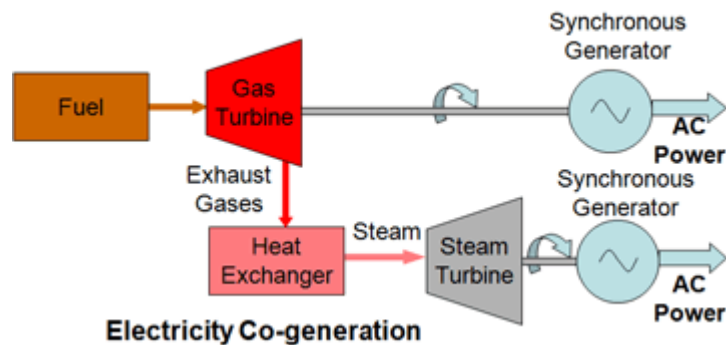
Sistem ini dinamakan *Simple Cycle System* karena dalam sistem ini untuk menghasilkan listrik hanya digunakan turbin gas, dan gas sisa pembakaran dalam turbin langsung dibuang (Hariyanto, 2015). Gambar II.4 merupakan skema sederhana sistem kerja *Simple Cycle System*.



Gambar II.4. *Simple cycle system*
<http://www.mpoweruk.com>

2. *Combined Cycle System*

Sistem yang menggabungkan antara turbin uap dan turbin gas, dimana uap hasil dari turbin gas tidak langsung dibuang melainkan digunakan untuk menggerakkan turbin uap atau HRSG (*Heat Recovery Steam Turbine*) (Hariyanto, 2015). Gambar II.5 merupakan skema sederhana sistem kerja *Combined Cycle System*.



Gambar II.5. *Combined cycle system*
<http://www.mpoweruk.com>

II.6. *Heavy Fuel Oil (HFO)*

Heavy Fuel Oil (HFO) bukan merupakan produk hasil destilasi tetapi hasil dari jenis residu yang berwarna hitam. Minyak jenis ini memiliki tingkat kekentalan yang tinggi dibandingkan minyak diesel. Pemakaian BBM jenis ini umumnya untuk pembakaran langsung pada industri besar dan digunakan sebagai bahan bakar untuk *steam power station* dan beberapa penggunaan yang dari segi ekonomi lebih murah dengan penggunaan minyak bakar (Admin, 2013).

HFO adalah produk penyulingan minyak bumi, dimana dihasilkan setelah residu dan sebelum aspal. HFO memiliki berat jenis 860 kg/m³ dan nilai panas pembakaran (HV) 10.000 kcal/h. Di Indonesia, HFO yang diperdagangkan memiliki kekentalan 180-

480cst (terbanyak 380cst) dengan ukuran partikel 0-100 mikrometer dan memiliki kecenderungan pengumpulan partikel menjadi aspal. Beberapa kegunaan dari HFO :

1. Pabrik/industri *Boiler* (ketel uap), *Heating* (pemanas), *Drying* (pengering), *Furnace* (dapur/tungku industri).
2. Industri Pertanian Pemanas (untuk pemanas ruangan, pada negara musim dingin), Pemanas Tembakau (*Tobacco heating*).
3. Industri Konstruksi Mesin–mesin konstruksi, Pemanas Pabrik Aspal (*asphalt plant heating*).
4. Transportasi laut mesin generator listrik.
5. Bahan bakar mesin diesel kapal.
6. Bahan bakar pembangkit listrik.
7. Industri lain pemanas gedung (negara beriklim dingin), Bulldozer (*Road transportation*).

Tabel II.1. Spesifikasi *Heavy Fuel Oil* (HFO)
(<https://www.scribd.com>)

Property	Unit	Limit HFO
Viscosity at 100°C, max.	cSt	55
Viscosity at 50°C, max.	cSt	700
Viscosity, before injection pumps	cSt	16..24
Density at 15°C, max.	kg/m ³	991 / 1010
CCAI, max.		850
Water, max.	% volume	0.5
Water before engine, max.	% volume	0.3
Sulphur, max.	% mass	1.5
Ash, max.	% mass	0.05
Vanadium, max.	mg/kg	100
Sodium, max.	mg/kg	50
Sodium before engine, max.	mg/kg	30
Aluminium + Silicon, max.	mg/kg	30
Aluminium + Silicon before engine, max.	mg/kg	15
Carbon residue, max.	% mass	15
Asphaltenes, max.	% mass	8
Flash point (PMCC), min.	°C	60
Pour point, max.	°C	30
Total sediment potential, max.	% mass	0.10
Used lubricating oil, calcium, max.	mg/kg	30
Used lubricating oil, zinc, max.	mg/kg	15
Used lubricating oil, phosphorus, max.	mg/kg	15

II.8 Kapal Pembangkit Listrik

Kapal pembangkit listrik merupakan pembangkit listrik yang diletakkan di atas sebuah kapal/*barge* sehingga menjadi sebuah pembangkit listrik yang memiliki kemampuan untuk berpindah tempat, dimana terdapat instalasi yang memungkinkan kapal tersebut menjadi sumber daya pembangkit listrik. Kapal pembangkit listrik pada

umumnya memiliki sistem penggerak sendiri untuk memudahkan mobilitasnya berpindah pindah tempat dari satu wilayah ke wilayah lain yang mengalami krisis listrik. Namun pada beberapa kasus kapal pembangkit listrik tidak dilengkapi dengan sistem penggerak sendiri melainkan harus menggunakan bantuan kapal pandu untuk mobilitasnya berpindah dari satu wilayah ke wilayah lainnya.

Kapal pembangkit listrik atau *Floating Power Plant* pertama dibuat pada tahun 1940 oleh insinyur dari Angkatan Darat Amerika Serikat (*US Army*) dengan generator uap yang menghasilkan tenaga sebesar 30 MW. Sejak saat itu *Floating Power Plant* mulai berkembang dan dibangun di beberapa negara. Pada awal tahun 2000-an pembangunan *Floating Power Plant* mulai dipacu dengan dibangunnya sebuah power barge bertenaga 220 MW yang digunakan di India. Dan saat ini ukuran *Floating Power Plant* telah mencapai 550 MW.

Pada pembangunan sebuah pembangkit tenaga listrik, perlu diperhatikan beberapa hal seperti besarnya pembangkit yang akan dibangun, ketersediaan lahan, kemudahan akses, kondisi infrastruktur daerah dan waktu pembangunan dari pembangkit listrik tersebut.

Beberapa poin di atas merupakan poin-poin yang harus diperhatikan dalam pembangunan sebuah pembangkit listrik, dan pemilihan pada pembangunan di darat ataupun di laut. Berikut adalah keuntungan dari pembangunan pembangkit listrik di darat dan pembangunan di laut atau pembangkit listrik terapung.

Pada pembangkit listrik di darat, berikut adalah keuntungannya :

- Pembangunannya yang mudah.
- Mampu menggunakan peralatan berat tanpa memperhitungkan berat totalnya.
- Biaya perawatan yang tidak terlalu tinggi, karena biaya hanya terfokus pada perawatan peralatan pembangkit listrik.
- Bisa dibangun sebesar-besarnya, asalkan tersedia lahan.

Keuntungan dari pemakaian pembangkit listrik terapung antara lain adalah :

- Mampu menyediakan suplai listrik pada area dengan infrastruktur minim.
- Merupakan aset yang dapat bergerak, memungkinkan untuk dipindah atau dijual.
- Tidak membutuhkan area yang luas, sehingga bisa meminimalisir adanya sengketa lahan dengan penduduk pemilik lahan.
- Tidak bergantung pada kualitas tanah, sehingga memungkinkan untuk ditempatkan dimana saja.

- Mampu menyediakan suplai listrik yang stabil saat banjir atau gempa bumi.
- Pembangunan yang relatif cepat, karena dibangun di tempat lain selagi dilakukan pembebasan lahan (Hariyanto, 2015).

MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan merupakan salah satu kapal pembangkit listrik dari perusahaan Karadeniz Power dari Turki yang sekarang telah beroperasi di Indonesia. Pada operasionalnya, kapal ini menggunakan bahan bakar (*Natural Gas/HFO*) dari luar kapal, karena kapal ini tidak menyediakan penyimpanan (tangki) bahan bakar untuk keperluan pembangkit listrik. *Natural Gas/HFO* diperoleh dari *storage* di darat yang dialirkan ke kapal pembangkit listrik ataupun diperoleh dari kapal LNG atau tanker yang dialirkan ke kapal ini. Gambar II.6 merupakan MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan.



Gambar II.6. MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan
(<https://en.wikipedia.org>)

PT PLN (Persero) menyewa Pembangkit Listrik Tenaga Gas/PLTG terapung, Kapal *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) Karadeniz Powership Zeynep Sultan, berkapasitas 120 Mega Watt (MW). Kapal berisi pembangkit listrik yang baru datang dari Turki ini akan menuju Amurang, Minahasa Selatan, Sulawesi Utara. Kemudian PLN juga akan mendatangkan *power plant* serupa untuk beberapa lokasi antara lain Sumatera Bagian Utara (240 MW), Kupang (60 MW), Ambon (60 MW), dan Lombok (60 MW). Dengan krisis listrik teratasi, maka kemajuan industri di Sulawesi Utara bisa *terangsang*.

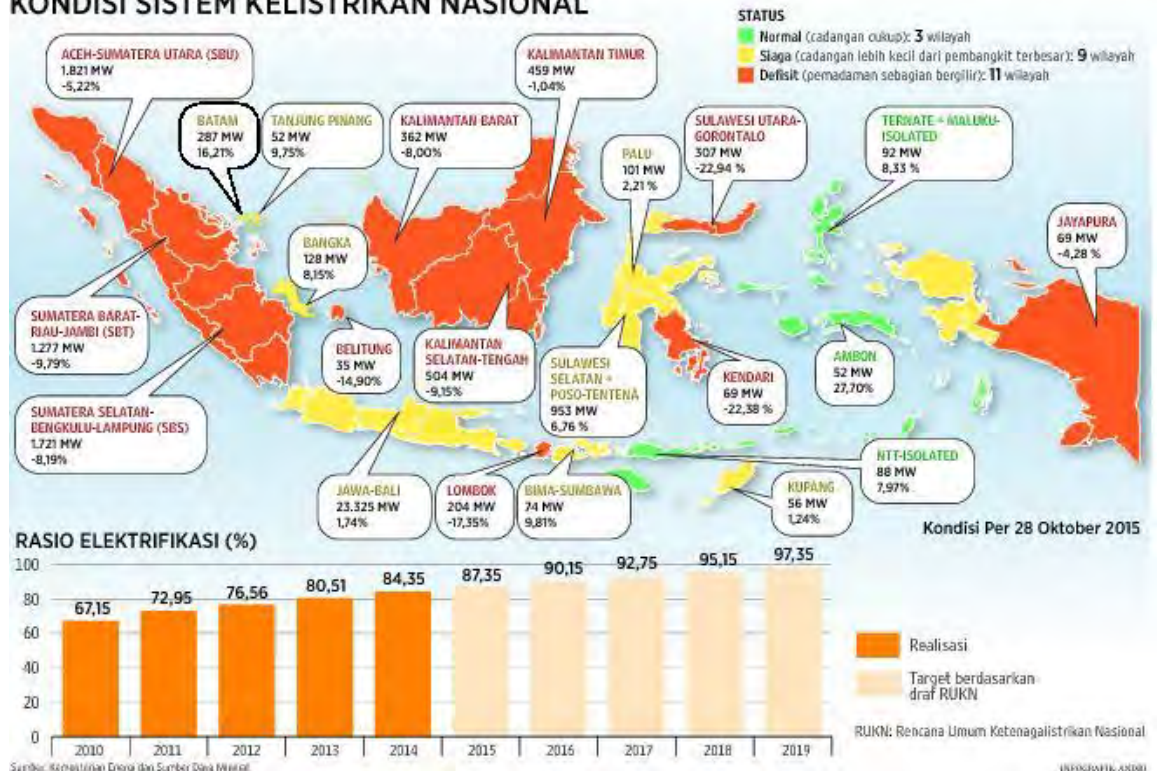


Gambar II.7 Interior kapal pembangkit listrik.
<http://www.radikal.com.tr>

II.8. Kondisi Sistem Kelistrikan Nasional

Cadangan listrik yang tersedia di Indonesia mengkhawatirkan, karena kurang dari 30 persen dari kapasitas daya terpasang. Dari 22 sistem kelistrikan Nasional, sebanyak 11 sistem kelistrikan dalam kondisi defisit dan 8 sistem kelistrikan dalam kondisi siaga (Tim Kompas, 2015).

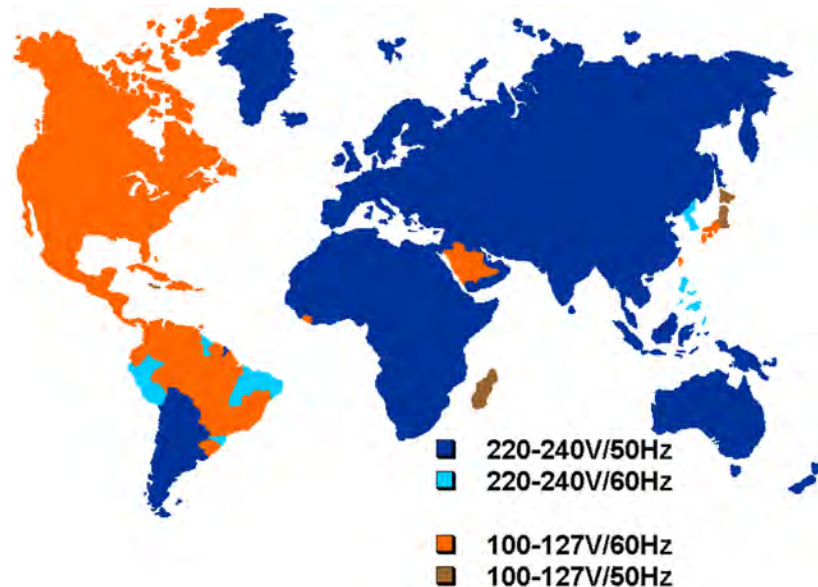
KONDISI SISTEM KELISTRIKAN NASIONAL



Gambar II.8. Kondisi sistem kelistrikan Nasional tanggal 28 Oktober 2015
<http://kompas100.print.kompas.com>

Berdasarkan Gambar II.8 dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral di atas, diketahui kondisi sistem kelistrikan (defisit, siaga dan normal daya listrik) dari 22 sistem kelistrikan di Indonesia. Sehingga dari data tersebut dapat didapatkan beban daya listrik daerah yang mengalami kondisi defisit yang terbesar, yang nantinya akan digunakan sebagai acuan dalam menentukan *output* daya listrik dari kapal PLTG yang akan didesain.

Selain dari jumlah *output* daya listrik yang dihasilkan, sistem pembangkit listrik pada kapal ini juga harus menyesuaikan sistem kelistrikan yang digunakan di Indonesia. Frekuensi listrik dari PLTG dari kapal ini harus disesuaikan dengan frekuensi listrik yang digunakan di Indonesia yaitu 50 Hz. Gambar II.9 menunjukkan bahwa frekuensi listrik yang digunakan di Indonesia adalah 50 Hz.

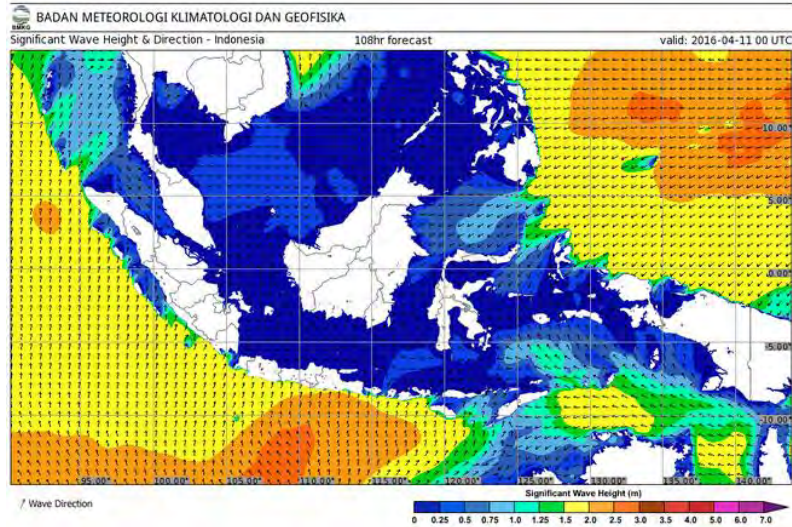


Gambar II.6. Frekuensi listrik dunia
(<https://konversi.wordpress.com>)

II.9. Rute Pelayaran Kapal Pembangkit Listrik

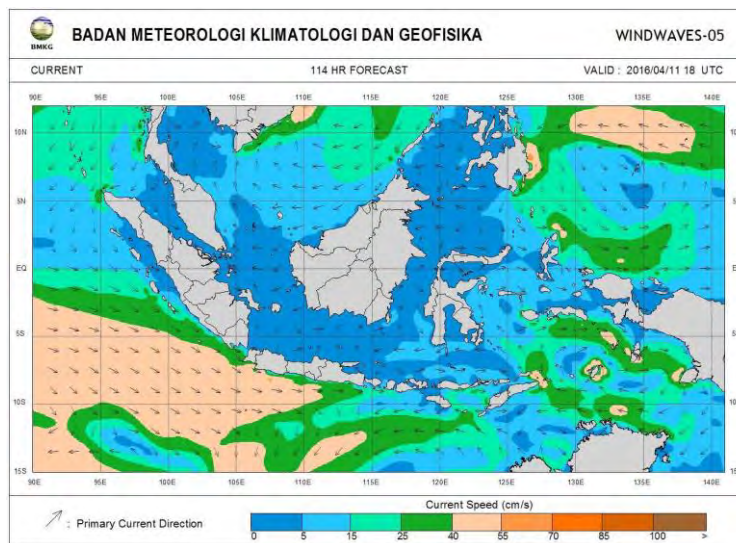
Kapal pembangkit listrik tenaga gas ini digunakan untuk membantu daerah-daerah yang mengalami krisis sumber listrik di wilayah Indonesia. Oleh karena itu kapal ini didesain agar dapat berlayar diseluruh perairan Indonesia.

Homebase kapal ini adalah di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Karena Surabaya merupakan tempat yang strategis untuk menjangkau daerah-daerah di Indonesia, baik Indonesia Barat ataupun Indonesia Timur. Untuk menentukan kebutuhan bahan bakar kapal, maka akan dicari jarak pelayaran terjauh dari Surabaya ke daerah-daerah di Indonesia.



Gambar II.7. Peta prakiraan tinggi gelombang di Indonesia (<http://maritim.bmkg.go.id>)

Dari data yang diperoleh dari Badan Meteorologi dan Geofisika (BMKG) pada tanggal 11 April 2016 seperti pada Gambar II.7 dan Gambar II.8, diketahui bahwa kondisi gelombang di Indonesia rata-rata adalah setinggi 1,25-2,5 meter. Dan arus permukaan terekstrimnya adalah 40-50 cm/s.



Gambar II.8. Peta prakiraan arus laut di Indonesia (<http://maritim.bmkg.go.id>)

II.10. Tinjauan Teknis Desain Kapal

II.11.1. Ukuran Utama Kapal

a. *Lpp (Length between Perpendicular)*

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

b. LOA (*Length Overall*)

Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.

c. B_m (*Moulded Breadth*)

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

d. H (*Heigh*)

Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai titik atas balok geladak sisi kapal.

e. T (*Draught*)

Jarak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

f. DWT (*Deadweight Ton*)

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

g. V_s (*Service Speed*)

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

II.11.2. Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan. Nilai yang mempengaruhi besarnya hambatan adalah ukuran dari kapal, badan kapal yang tercelup dalam air, serta kecepatan yang diinginkan. Dalam menghitung hambatan pada kapal ini menggunakan metode holtrop.

Total Resistance:

$$R_T = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} \cdot (C_F (1+k) + C_A) + (R_w/W) \cdot W \dots\dots\dots (2.1)$$

Variable-variabelnya yaitu:

a. Hambatan kekentalan (*viscous resistance*)

Hambatan kekentalan adalah komponen tahanan yang diperoleh dengan mengintegrasikan tegangan tangensial keseluruhan permukaan basah kapal menurut arah gerakan kapal. persamaannya adalah:

$$R_v = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot C_{FO} \cdot (1+k_1) \cdot S \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana:

$1+k_1$ = factor bentuk lambung kapal

$$1+k_1 = 0,93+0,4871 \cdot C \cdot (B/L)^{1,081} \cdot (T/L)^{0,4611} \cdot (L^3/V)^{0,3649} \cdot (1-C_p)^{-0,6042} \dots (2.3)$$

$$1+k = 1+k_1 + [1+k_2 - (1+k_1)] S_{app}/Stot \dots\dots\dots(2.4)$$

$1+k_2$ = koefisien karena bentuk tonjolan pada lambung kapal

Harga $1+k_2$ (Holtrop, 1984) ditunjukkan pada Tabel II.2:

Tabel II. 2. Harga $1+k_2$

Type of Appendages	Value of $1+k_2$
Rudder of single screw ships	1.3 to 1.5
Spade type rudder of twin screw ships	2.8
Skeg-rudders of twin-screw ships	1.5 to 2
Shaft Brackets	3.0
Bossing	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

b. Hambatan gelombang (*wave resistance*)

Tahanan gelombang adalah komponen tahanan yang terkait dengan energi yang dikeluarkan akibat pengaruh gelombang pada saat kapal berjalan dengan kecepatan tertentu. Persamaannya adalah:

$$R_w/W = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}} \dots\dots\dots(2.5)$$

c. *Model ship correlation allowance*

$$C_A = 0.006 (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \text{ for } T_f/L_{wl} > 0.04 \dots\dots\dots(2.6)$$

II.11.3. Perhitungan Daya Mesin

Dengan mengetahui hambatan yang dialami kapal dan juga efisiensi dari *propeller* yang direncanakan maka dapat dihitung daya mesin yang dibutuhkan.

$$P_B = BHP = P_D / \eta_s \cdot \eta_{rg} \dots\dots\dots (2.7)$$

Dimana:

$$P_D = (R_T \cdot V_s) / \eta_D \dots\dots\dots (2.8)$$

II.11.4. Perhitungan Berat Baja Kapal

Kapal pembangkit listrik tenaga gas ini merupakan kapal baja, oleh karena itu pada tahap ini perhitungan berat baja kapal dilakukan dengan rumus dari buku *Practical Ship Design*. Selain menghitung berat baja kapal kosong, juga dilakukan perhitungan berat perlengkapan, berat permesinan serta berat cadangan. Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah:

1. Menghitung LWT kapal.

a. Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36} \dots\dots\dots (2.1)$$

$$E = L(B+T) + 0.85 L (D-T) + 0.85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0.75(l_2 \cdot h_2)\} \dots\dots\dots (2.2)$$

Di mana : K = koefisien factor

Untuk tug boat K = 0.044 ±0.002

b. Perhitungan berat perlengkapan

$$W_o = C_o \times L \times B \dots\dots\dots (2.3)$$

C_o = outfit weigh coefficient

c. Berat cadangan (W_{res})

$$W_{res} = (7-10)\% \times LWT \dots\dots\dots (2.4)$$

2. Menghitung DWT kapal

Dalam desain kapal PLTG ini dilakukan perhitungan untuk menghitung besarnya *payload* kapal yang berupa luasan *Power Plant*. Dalam perhitungan DWT kapal juga dilakukan perhitungan *consumable*. Dalam perhitungan ini hanya dipengaruhi oleh besarnya BHP mesin serta jumlah kru yang ada di atas kapal saat beroperasi. Jumlah kru yang bekerja pada kapal tidak diperoleh dari rumus, tetapi ditentukan sendiri sebagai *owner requirement*.

II.11.5. Perhitungan Trim dan Stabilitas

Perhitungan trim merupakan syarat mutlak dalam desain sebuah kapal. Suatu kapal dapat dikatakan layak untuk berlayar jika telah memenuhi beberapa persyaratan, salah satu syarat itu adalah besarnya kondisi trim kapal yang terjadi. Suatu kapal dikatakan dalam kondisi baik untuk berlayar jika berada dalam kondisi *even-keel*. Namun bila tidak diperoleh kondisi tersebut, ada beberapa persyaratan yang diijinkan dalam kondisi trim, yaitu besarnya trim tidak lebih dari 0.05 Lpp. nilai ini dijadikan sebagai batasan (*constrain*) dalam proses iterasi dalam memperoleh ukuran utama.

Selain trim, ada persyaratan lain dalam desain kapal yaitu persyaratan stabilitas. Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perhitungan stabilitas utuh (*intac stability*). Pengertian stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali pada kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Perhitungan stabilitas dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula apabila mengalami oleng pada saat berlayar.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam yaitu:

1. Keseimbangan stabil

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar, maka benda akan kembali pada kondisi semula setelah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G (*centre of gravity*) berada dibawah titik M (*metacentre*).

2. Keseimbangan labil

Adalah kondisi ketika benda mengalami kemiringan akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka kedudukan benda akan cenderung berubah lebih banyak dari kedudukan semula sesudah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G berada di atas titik M.

3. Keseimbangan *indeferent*

Adalah kondisi ketika benda mengalami kemiringan sedikit dari kedudukannya akibat adanya gaya dari luar, maka benda tetap pada kedudukannya yang baru walaupun gaya tersebut telah hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik berat G berimpit dengan titik *metacentre* M.

Kapal harus mempunyai stabilitas yang baik dan harus mampu menahan semua gaya luar yang mempengaruhinya hingga kembali pada keadaan seimbang. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

- a. Titik G (*gravity*), yaitu titik berat kapal.
- b. Titik B (*buoyancy*), yaitu titik tekan keatas akibat air yang dipindahkan akibat badan kapal yang tercelup.
- c. Titik M (*metacentre*), yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatis yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal. Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO).

Ada beberapa kriteria utama dalam menghitung stabilitas kapal. Kriteria stabilitas tersebut diantaranya [*IS Code 2008*] adalah:

1. $e_{0 30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$
Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$
2. $e_{0 40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$
Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$
3. $e_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$
Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$
4. $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$
lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 m pada sudut oleng 30° atau lebih.
5. $H_{\max} \text{ pada } \phi_{\max} \geq 25^\circ$
Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari 25°
6. $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$
Tinggi metasenter awal GM_0 tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

II.11.6. Perhitungan *Freeboard*

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan dalam mengangkut muatan menjadi jaminan utama

kelayakan dari sistem transportasi laut yang ditawarkan pada pengguna jasa, terlebih pada kapal penumpang, keselamatan merupakan prioritas utama.

Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Karena lambung timbul menyangkut keselamatan kapal, maka terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul antara lain untuk kapal yang berlayar di perairan dapat menggunakan PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985 dan peraturan internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi internasional tentang peraturan lambung timbul minimum ILLC (*International Load Lines Convention, 1966 on London*), dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa tinggi lambung timbul minimum (*summer load lines*) telah disebutkan dalam tabel lambung timbul minimum untuk kapal dengan panjang tertentu.

II.11. Rencana Garis (*Lines Plan*)

Lines plan merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan badan kapal di bawah garis air yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, *body plan* (secara melintang), *buttock plan* (secara memanjang), dan *half breadth plan* (dilihat dari atas). Ada berbagai cara membuat *lines plan* salah satunya menggunakan *software* yang bernama *maxsurf* (Hafiz, 2014).

II.12. Rencana Umum (*General Arrangement*)

Rencana umum dalam "*Ship Design and Construction, Bab III*" didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya seperti: ruang muat, ruang akomodasi, ruang mesin, dll. Disamping itu, rencana umum meliputi perencanaan penempatan lokasi ruangan beserta aksesnya. Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis (*lines plan*) yang telah dibuat sebelumnya. Dengan rencana garis ini secara besar bentuk badan kapal akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya (Hafiz, 2014).

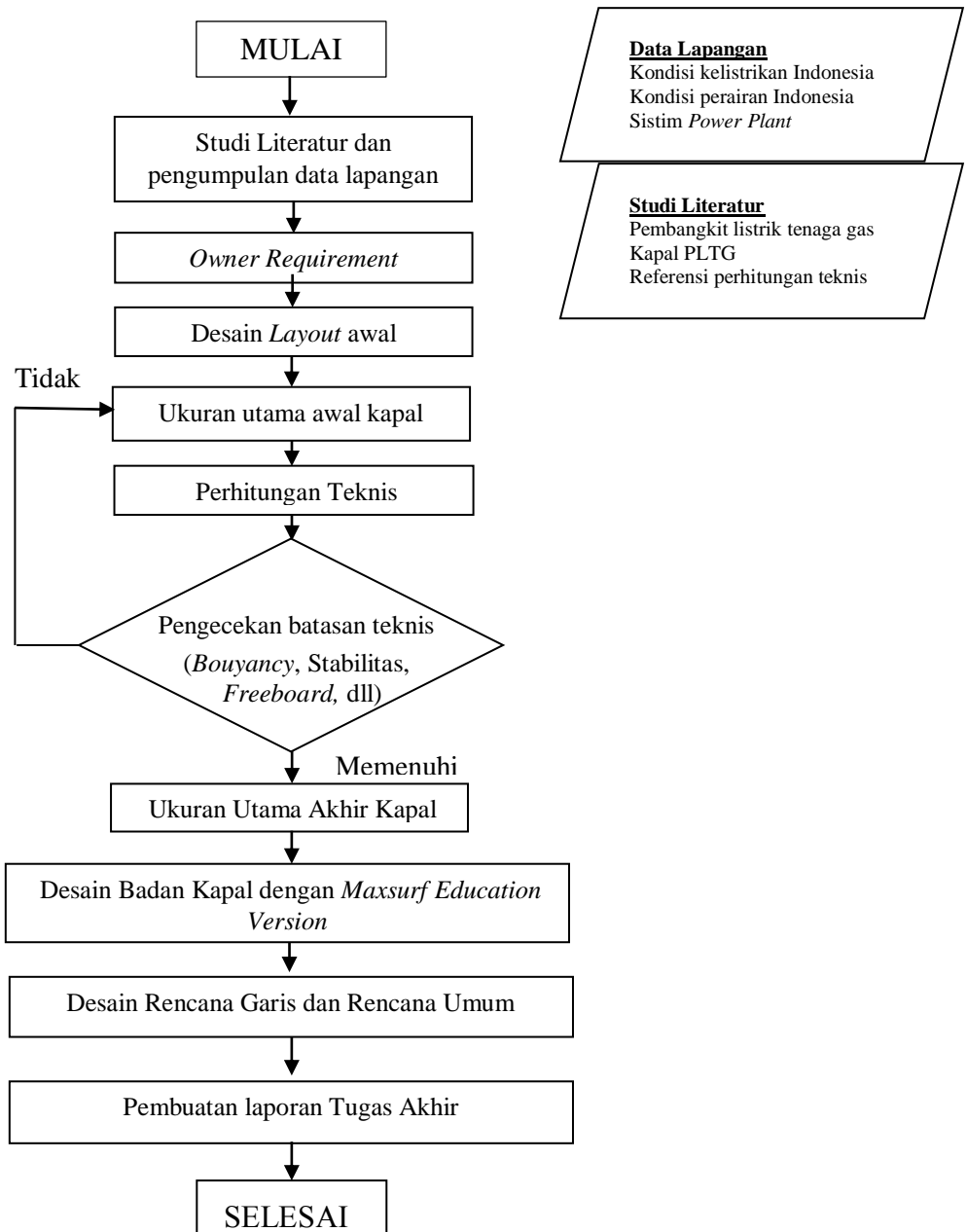
Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Metode Pengerjaan

Pada bab ini akan dijelaskan bagaimana langkah-langkah dalam pengerjaan Tugas Akhir. Digambarkan dengan diagram alir pengerjaan pada Gambar III.1. Kemudian dijelaskan setiap poin yang ada dalam diagram alir tersebut.

III.2. Diagram Alir



Gambar III.1. Diagram alir metodologi pengerjaan

III.3 Langkah Pengerjaan

Secara umum tahap dari pengerjaan Tugas Akhir ini terdiri dari beberapa tahapan, antara lain:

III.3.1 Pengumpulan Data

Data yang dimaksud adalah segala data acuan yang digunakan untuk menunjang desain kapal pembangkit listrik tenaga gas. Data yang dibutuhkan diantaranya.

1. Kondisi kelistrikan di Indonesia

Data mengenai ketersediaan listrik, kondisi kelistrikan daerah-daerah di Indonesia dan jumlah defisit ataupun surplus dari daya listrik masing-masing daerah. Dimana akan diambil defisit daya listrik yang terbesar yang nantinya akan digunakan untuk menentukan besar *output* daya listrik dari kapal pembangkit listrik tenaga gas yang akan didesain.

2. Kondisi perairan di Indonesia

Kondisi perairan di Indonesia meliputi prakiraan tinggi gelombang dan arus laut di Indonesia paling esktrim yang digunakan sebagai pertimbangan dalam mendesain kapal.

3. Sistem *Power Plant*

Sistem *Power Plant* didapatkan melalui studi literatur dan konsultasi kepada Bapak Ali selaku kepala bagian *Knowledge* di PT. PJB UP Gresik. Dari hasil konsultasi tersebut diketahui bahwa pembagian daya kepada beberapa turbin akan meningkatkan keandalan dari kinerja turbin tersebut. Oleh karena itu pada tugas akhir ini digunakan sistim 2-2-1 (2 *Gas Turbines*, 2 HRSG, dan 1 *Steam Turbine*).

III.3.2 Studi Literatur

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan beserta teori-teori yang terkait dengan Tugas Akhir ini. Studi yang dilakukan antara lain mengenai :

1. Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Studi mengenai PLTG ini digunakan untuk menentukan jenis sistim *Power Plant* yang digunakan, mengetahui siklus dari PLTG, bahan bakar PLTG, dll yang menjadi salah satu dasar dari pengerjaan tugas akhir ini.

2. Kapal pembangkit listrik tenaga gas

Perlu diketahui mengenai desain kapal pembangkit listrik tenaga gas ini menggunakan acuan MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan dari Turki yang disewa oleh Indonesia dan beberapa kapal produksi dari perusahaan Karpowership dari Turki.

3. Referensi perhitungan teknis

Referensi perhitungan teknis didapatkan dari laporan Tugas Akhir tentang desain *barge* pembangkit listrik. Selain itu, pengerjaan perhitungan teknis juga merujuk pada jurnal-jurnal yang sudah ada serta buku-buku penunjang.

III.4. Analisis Data Awal

Setelah data–data yang diperlukan sudah terkumpul, kemudian disesuaikan dengan literatur yang sudah dipelajari untuk dilakukan analisis data. Analisis ini dilakukan untuk menentukan *design requirement*.

III.4.1 Penentuan Ukuran Utama Awal

Penentuan ukuran utama dilakukan dengan metode *Parametric Design Approach*, yaitu metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan menggunakan regresi beberapa kapal perbandingan berdasarkan parameter ukuran-ukuran utama kapal (L, B, T, H).

III.4.2 Pembuatan Layout Awal

Dari studi literatur data-data katalog yang didapatkan dibuat layout awal dari *Power Plant* yang merupakan *payload* dari kapal ini. Setelah itu, dilakukan pembuatan layout awal kapal pembangkit listrik tenaga gas yang mengacu pada ukuran utama yang telah didapatkan. Dilakukan *ploting* dari layout awal *Power Plant* ke layout awal kapal. Setelah pandangan atas geladak didapat kemudian digambar pandangan samping. Hal ini dilakukan untuk membuktikan bahwa ukuran utama hasil regresi telah sesuai dengan kebutuhan area untuk *Power Plant (Payload)*.

III.4.3 Pehitungan Teknis

Perhitungan teknis dilakukan sesuai dengan literatur yang dipelajari. Hal itu meliputi perhitungan hambatan kapal, perhitungan daya kapal, penentuan mesin, perhitungan berat kapal, perhitungan stabilitas, perhitungan *trim* dan perhitungan lambung timbul.

III.4.4 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum

Dalam pembuatan Rencana Garis kapal dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Education Version*. Dari desain yang telah dibuat di *Maxsurf Education Version* didapatkan *Lines Plan* kapal. Kemudian untuk memperhalus *Lines Plan* dilakukan dengan bantuan *software CAD*.

Sedangkan untuk pembuatan Rencana Umum dilakukan setelah Rencana Garis selesai. Sebab, *Outline* dari Rencana Umum diambil dari Rencana Garis. Pembuatan Rencana Umum dilakukan dengan menggunakan bantuan *software CAD*. Pembuatan *General Arrangement* mengacu pada *General Arrangement* kapal-kapal pembangkit listrik tenaga gas yang sudah ada.

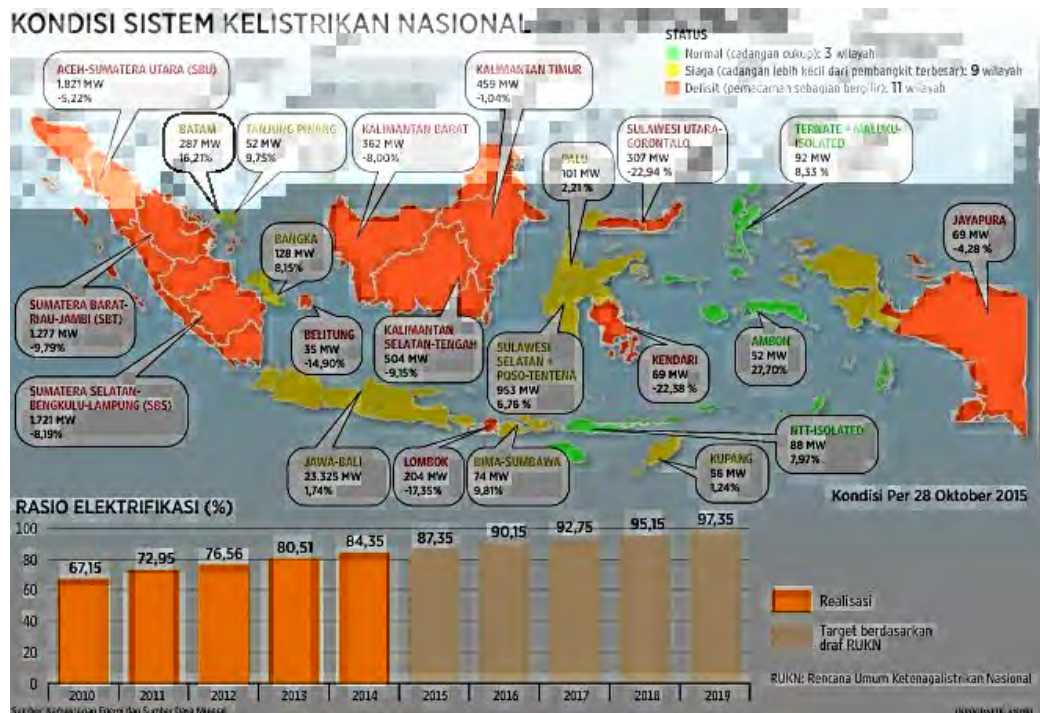
BAB IV DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA GAS

IV.1. Pendahuluan

Pada Bab 4 ini akan dibahas proses pengaturan layout *Power Plant*, bagaimana cara menentukan *owner requirements* dan ukuran utama kapal. Selain itu pada bab ini akan dibahas juga perhitungan hambatan, *freeboard*, perhitungan berat dan titik berat kapal, perhitungan stabilitas, serta perhitungan *trim*. Dalam perhitungan ini terdapat kriteria-kriteria yang harus dipenuhi, seperti kriteria IS Code 2008, kriteria *freeboard*, kriteria *trim*, dan margin berat kapal. Pembuatan rencana garis dan rencana umum dari ukuran yang telah didapatkan dari perhitungan teknis.

IV.2. Penentuan *Owner Requirements*

Penentuan besar *output* daya listrik dari PLTG didapatkan melalui rangkuman beban daya listrik dari 22 sistim kelistrikan di Indonesia pada Tabel IV.1 yang bersumber dari Gambar IV.1 Kementerian Energi dan Sumber Daya mineral pada tanggal 28 Oktober 2015.



Gambar IV.1. Kondisi sistem kelistrikan Indonesia 2015
(<http://kompas100.print.kompas.com>)

Tabel IV.1 Rangkuman beban daya listrik dari 22 sistim kelistrikan di Indonesia

No	Daerah	Kondisi (%)	Daya Listrik Tersedia (MW)	Beban Daya Listrik (MW)
1	Aceh-Sumatera Utara	-5,22	1821	-95,0562
2	Sumatera Barat-Riau-Jambi	-9,79	1277	-125,0183
3	Sumatera Selatan-Bengkulu-Lampung	-8,19	1721	-140,9499
4	Batam	16,21	287	46,5227
5	Tanjung Pinang	9,75	52	5,07
6	Bangka	8,15	128	10,432
7	Belitung	-14,9	35	-5,215
8	Jawa-Bali	1,74	23325	405,855
9	Kalimantan Barat	-8	362	-28,96
10	Kalimantan Timur	-1,04	459	-4,7736
11	Kalimantan Selatan-Tengah	-9,15	504	-46,116
12	Lombok	-17,35	204	-35,394
13	Palu	2,21	101	2,2321
14	Sulawesi Selatan-Poso-Tentena	6,76	953	64,4228
15	Bima-Sumbawa	9,81	74	7,2594
16	Sulawesi Utara-Gorontalo	-22,94	307	-70,4258
17	Kendari	-22,38	69	-15,4422
18	Kupang	1,24	56	0,6944
19	Ternate-Maluku	8,33	92	7,6636
20	Ambon	27,7	52	14,404
21	NTT	7,97	88	7,0136
22	Jayapura	-4,28	69	-2,9532

Dari tabel IV.1 diketahui bahwa defisit beban listrik terbesar terjadi di daerah Sumatera Selatan-Bengkulu-Lampung, dengan nilai defisit beban listrik sebesar 140,9499 MW. Sehingga dari katalog-katalog *Power Plant* yang telah, penulis menentukan *output* daya listrik kapal sebesar 144 MW.

Daerah operasional kapal ini adalah diseluruh perairan Indonesia, kapal ini dituntut mempunyai kemampuan mobilitas kesemua perairan Indonesia. Hal tersebut bertujuan agar kapal ini dapat dengan segera memberikan bantuan ke daerah yang mengalami krisis listrik secara cepat. Ditentukan *homebase* kapal ini adalah di Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya. Karena Surabaya merupakan tempat yang strategis untuk menjangkau daerah-daerah di Indonesia, baik Indonesia bagian barat ataupun Indonesia bagian timur. Oleh karena itu, penentuan kebutuhan bahan bakar kapal dilakukan dengan mencari jarak pelayaran terjauh dari Surabaya ke daerah di Indonesia.



Gambar IV.2 Rute pelayaranterjauh kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain. (<http://ports.com>)

Berdasarkan Gambar IV.2 dan Gambar IV.3 yang diperoleh dari ports.com, diketahui bahwa jarak terjauh dari Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya adalah ke Pelabuhan Jayapura yaitu sejauh 2451 km. Jarak ini dijadikan acuan sebagai jarak pelayaran dari kapal pembangkit listrik tenaga gas, yang akan digunakan untuk mendapatkan kebutuhan bahan bakar kapal.



Gambar IV.3 Jarak pelayaran dari Pelabuhan Tanjung Perak, Surabaya ke Pelabuhan Jayapura (<http://ports.com>)

Kecepatan kapal PLTG yang didesain, mengacu pada kecepatan *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) Karadeniz Powership Zeynep Sultan. Kecepatan dari *Marine Vessel Power Plant* (MVPP) Karadeniz Powership Zeynep Sultan hanya 8,5 knot sampai dengan 9 knot. Kecepatannya tidak bisa lebih, karena dapat berpengaruh pada alat-alat dipembangkit (Anto, 2015). Karena jenis kapal dan daerah operasional dari

kapal ini sama dengan kapal PLTG yang didesain, maka ditentukan bahwa kecepatan kapal PLTG yang didesain adalah 9 knot. Dari jarak dan kecepatan yang didapatkan, diketahui bahwa waktu tempuh dari Pelabuhan Tanjung Perak Surabaya dan Pelabuhan Jayapura adalah 11,3 hari.

IV.3. Penentuan Ukuran utama Kapal

Penentuan ukuran utama kapal PLTG menggunakan metode *Parametric Design Approach*. Metode ini menggunakan regresi ukuran utama dari kapal-kapal pembanding yang setipe. Jumlah kapal pembanding yang digunakan sebanyak 5 unit. Data teknis dari masing-masing kapal pembanding dapat dilihat pada Tabel IV.2.

Tabel IV.2. Daftar kapal pembanding yang digunakan

No	Nama Kapal	Lokasi Operasional	Daya (MW)	Ukuran Kapal (m)			
				Lpp	B	H	T
1	Karadeniz Powership Zeynep Sultan	Sulawesi Utara, Indonesia	120	150,63	31,00	15,45	4,90
2	Karadeniz Powership Rauf Bey	Basra, Iraq	200	233,76	32,20	18,70	13,60
3	Karadeniz Powership Kaya Bey	Pakistan	220	233,76	32,20	18,70	13,60
4	Karadeniz Powership İrem Sultan	Basra, Iraq	110	140,08	29,04	5,31	4,43
5	Karadeniz Powership Dogan Bey	Liberia	144	165,00	31,00	15,00	10,70

Dari hasil regresi yang telah dilakukan, didapatkan ukuran utama kapal awal yang akan didesain, yaitu :

$$\begin{aligned}
 \text{Daya} &= 141 \quad \text{MW} \\
 \text{Panjang (Lpp)} &= y = 0,9231x + 38,055 \quad \Rightarrow \quad 168,21 \quad \text{m} \\
 \text{Lebar (B)} &= y = 0,0229x + 27,454 \quad \Rightarrow \quad 30,683 \quad \text{m} \\
 \text{Tinggi (H)} &= y = 0,0874x + 0,7574 \quad \Rightarrow \quad 13,081 \quad \text{m} \\
 \text{Sarat (T)} &= y = 0,0867x - 4,3235 \quad \Rightarrow \quad 7,9012 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan pengecekan ukuran utama terhadap batasan-batasan perbandingan ukuran utama yang didapatkan dari referensi buku.

$$\begin{aligned}
 L/B &= 5,48 & 3,5 & < L/B < & 10 & \text{PNA Vol. 1 hal. 19} \\
 L/H &= 12,86 & 8,12 & < L/H < & 15,48 & \text{Ship Design for Efficiency and Economy hal.160} \\
 B/H &= 2,35 & 1,47 & < B/H < & 2,38 & \text{Ship Design for Efficiency and Economy hal.160}
 \end{aligned}$$

$$L/T = 21,29 \quad 10 < L/T < 30 \quad \text{PNA Vol. 1 hal. 19}$$

Dari perhitungan teknis yang telah dilakukan, dilakukan pengecekan teknis meliputi pengecekan berat, stabilitas, *trim*, dan lambung timbul kapal. Dari pengecekan teknis yang telah dilakukan, diketahui bahwa ukuran utama awal yang digunakan tidak memenuhi pengecekan berat. Karena margin berat yang didapatkan lebih besar dari 5%. Berikut merupakan hasil pengecekan berat yang telah didapatkan.

Perbandingan DWT+LWT dan Displacement			
W	=	15691,354	ton
Displ.	=	30704,8775	ton
Margin	=	15013,523	ton
	=	48,8962154	%

Oleh karena itu, dilakukan perubahan ukuran utama awal kapal dengan menggunakan acuan ukuran utama MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan karena selain memiliki tipe dan daerah operasional yang sama, kapal ini juga memiliki *output* daya listrik yang mendekati dengan kapal PLTG yang didesain. Sehingga didapatkan ukuran utama awal kapal yang baru sebagai berikut.

Daya	=	141	MW		
Panjang (Lpp)	=	150	m	=	150 m
Lebar (B)	=	31	m	=	31 m
Tinggi (H)	=	16	m	=	16 m
Sarat (T)	=	4,9	m	=	4,9 m

Dilakukan pengecekan ukuran utama terhadap batasan-batasan perbandingan ukuran utama yang didapatkan dari referensi buku.

$$\begin{array}{llllll}
 L/B = & 4,84 & 3,5 & < L/B < & 10 & \text{PNA Vol. 1 hal. 19} \\
 L/H = & 9,38 & 8,12 & < L/H < & 15,48 & \text{Ship Design for Efficiency and Economy hal.160} \\
 B/H = & 1,94 & 1,47 & < B/H < & 2,38 & \text{Ship Design for Efficiency and Economy hal.160} \\
 L/T = & 21,29 & 10 & < L/T < & 30 & \text{PNA Vol. 1 hal. 19}
 \end{array}$$

IV.4. Perhitungan Awal

Setelah didapatkan ukuran utama awal kapal, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan awal. Perhitungan awal meliputi perhitungan *froud number*, perhitungan *coefficient* (C_b , C_m , C_p , dan C_{wp}) serta *displacement* dan *volume displacement*.

IV.4.1 Perhitungan Froude Number

Bilangan *Froude* adalah sebuah bilangan tak bersatuan yang digunakan untuk mengukur resistensi dari sebuah benda yang bergerak melalui air, dan membandingkan benda-benda dengan ukuran yang berbeda-beda. Didapatkan *Froud Number* sebagai berikut (Lewis, Principles of Naval Architecture Volume II, 1988):

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} \dots\dots\dots (4.1)$$

Dimana :

- Fn = froud number (0 - 1,0)
- V = kecepatan kapal (knot)
- g = percepatan gravitasi (9,81 m/s²)
- L = panjang kapal (m)

Didapatkan :

- Vs = 9 knot = 4,63 m/s
- L = 150 m
- Fn = 0,121

IV.4.2 Perhitungan Koefisien

a. Block Coefficient (C_B) (Watson and Gilfillan)

$$C_B = 0,7 + 0,125 \cdot \text{ATAN} \frac{23-100 \cdot Fn}{4} \dots\dots\dots (4.2)$$

b. *Midship Coefficient* (C_M)

Koefisien *Midship* adalah perbandingan antara luas penampang gading besar yang terendam air dengan luas suatu penampang yang lebarnya = B dan tingginya = T. Dari perhitungan didapat harga C_M (Parsons, 2003).

$$C_M = 0,977 + 0,085 \cdot (C_B - 0,6) \dots\dots\dots (4.3)$$

c. *Prismatic Coefficient* (C_p)

$$C_P = C_B / C_M \dots\dots\dots (4.4)$$

d. *Waterplane Coefficient* (C_{wp})

Koefisien *waterplan* adalah perbandingan antara volume badan kapal yang ada di bawah permukaan air dengan volume sebuah prisma dengan luas penampang pada

Lwl dan tinggi = T. Dari perhitungan ukuran yang optimal didapat harga C_{WP} (Parsons, 2003).

$$C_{WP} = 0,262 + 0,81 \cdot C_P \dots\dots\dots(4.5)$$

IV.4.3 Perhitungan LCB dan Displacement

e. LCB (*Longitudinal Center of Bouyancy*) (Harvald)

Length Center of Buoyancy adalah jarak titik gaya angkat secara memanjang. Didapatkan L_{CB} sebagai berikut (H. Schneekluth, 1998)

a. LCB (%)

$$LCB = 9,7 - 45 \cdot Fn - 0,8$$

$$= 3,469 \% \cdot L_{PP}$$

LCB = 5,204 m dari midship

f. *Displacement*

$$\Delta = 17146,869 \text{ ton}$$

IV.5. Perhitungan Hambatan Kapal Total (Rt)

Perhitungan hambatan total dilakukan dengan metode Holtrop & Mennen yang didapatkan dari Principle of Naval Architecture Vol.II. Untuk perhitungannya adalah sebagai berikut (Lewis, Principles of Naval Architecture Volume II, 1988)

$$R_t = 0.5 \cdot 1025 \cdot V_S^2 \cdot S_{total} \cdot (C_{FO} \cdot (1 + k) + C_A + \left(\frac{R_W}{W} \cdot W\right)) \dots\dots(4.6)$$

IV.5.1 Viscous Resistance

C_{FO} = friction coefficient (ITTC 1957)

$$C_{FO} = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \dots\dots\dots(4.7)$$

Rn = Reynold Number

$$Rn = \frac{V \cdot Lwl}{\nu} \dots\dots\dots(4.8)$$

$$= 607768679,9$$

$$C_{FO} = 0,00163$$

ν = kinematic viscosity

$$= 1.18831 \times 10^6 \text{ m/s}^2$$

$$1+k_1 = \text{form factor of bare hull}$$

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

..... (4.9)

Keterangan :

$$C = 1 + 0.011 c_{\text{stern}}$$

Kemudian dipilih $c_{\text{stern}} = 0$ for normal section shape

$$C = 1$$

Tabel IV.3 Penggunaan Cstern

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

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

L_R = length of run

LCB = longitudinal center of buoyancy as percentage of L

L = length of water line (L_{wl}) and all of coefficient base on L_{wl} [m]

T = moulded draft [m]

B = moulded breadth [m]

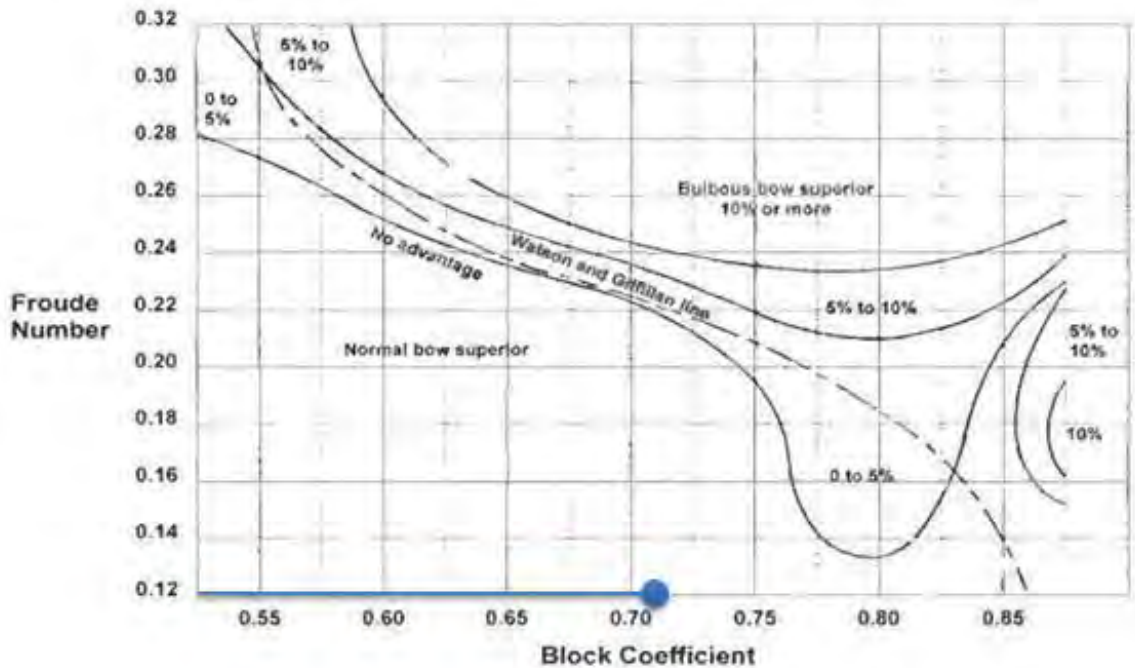
$$1+k_1 = 1,168$$

IV.5.2 Appendages Resistance

Dalam menghitung hambatan kapal yang diakibatkan oleh bentuk badan kapal yang tercelup dalam air, dibutuhkan luas permukaan basah kapal (S_{tot}) yang terdiri dari luas badan kapal WSA (S) dan luas tonjolan-tonjolan seperti kemudi, *bulbous bow*, dan *bilge keel* (S_{app}).

- Pengecekan Kebutuhan Bulbous Bow

Setelah semua koefesien telah didapatkan, maka dilakukan pengecekan efisiensi pemasangan *bulbous bow* berdasarkan Practical Ship Design, Watson hal. 233.



$$Fn = 0,121$$

$$C_B = 0,706$$

Dari grafik, diketahui bahwa kapal yang akan didesain tidak perlu ditambahkan *bulbous bow*.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung *appendages resistance* yaitu :

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1+k) \dots\dots\dots (4.10)$$

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

dimana :

Harga $(1+k_2) = 1.4 \rightarrow$ for bilge keel

$= 1.3 - 1.5 \rightarrow$ rudder of single-screw ship

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

S = wetted surface area

$$= L(2T+B) \cdot C_M^{0.5} \cdot \left(0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.0346 \frac{B}{T} + 0.3696C_{WP} \right) + 2.38 \frac{A_{BT}}{C_B}$$

$$= 4881,896$$

A_{BT} = cross sectional area of bulb inFP

$$= 10\% A_{midship}$$

- = 10% x B x T x Cm (*B-series*)
- A_{BT} = 0, dari grafik [D.G.M. Watson, "Practical Ship Design", Elsevier, Amsterdam, 1998, hal 233](dari kapal yang paling optimal)
- k_2 = effective form factor of appendages (lihat Tabel IV.4)
- S_{app} = total wetted surface of appendages
= $S_{rudder} + S_{bilge\ keel}$

Tabel IV.4 Harga effective form factor

Type of Appendages	Value of $1 + k_2$
Rudder of single screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders of twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3.0
Bossings	2.0
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2.0
Sonar dome	2.7

$$S_{Rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100} \dots\dots\dots (4.11)$$

- C_1 =faktor tipe kapal = 1 (*in general ship*)
- C_2 =faktor tipe kemudi = 1 (*in general ship rudder*)
- C_3 = faktor tipe profil kemudi = 1 (*for NACA-profiles plate*)
- C_4 = faktor letak baling-baling = 1 (*for rudder in the propeller*)
- S_{rudd} = 25,725

$$S_{Bilge\ keel} = 4 \cdot (0.6 \cdot C_B \cdot L_{WL}) \cdot \left(\frac{0.18}{C_B - 0.2} \right)$$

$$S_{total} = S + S_{app}$$

$$= 5001,653$$

Jika harga k_2 lebih dari 1, maka dihitung menggunakan formula 4.12 :

$$(1 + k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i} \dots\dots\dots (4.12)$$

Catatan : S_{rudder} harus dikali dengan 2

$$1 + k_2 = \frac{2 \cdot S_{rudder} + 1.4 \cdot S_{bilgekeel}}{S_{rudder} + S_{bilgekeel}}$$

$$= 1,529$$

$$1 + k = (1 + k_1) + ((1 + k_2) - (1 + k_1)) \cdot \frac{S_{app}}{S_{total}}$$

$$= 1,177$$

IV.5.3 Wave making Resistance

Untuk menghitung hambatan gelombang, dibutuhkan masukan data seperti berat *displacement*, sudut masuk, luasan *bulbous bow* dan *transom*. Adapun rumus diberikan pada formula 4.13 :

$$\frac{R_W}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda Fn^{-2})\}} \dots\dots\dots (4.13)$$

dimana :

untuk kecepatan rendah ($Fn \leq 0.4$)

W = displacement weight

$$= \rho \cdot g \cdot \nabla \text{ [N]}$$

$$C_1 = 2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757} \dots\dots\dots (4.14)$$

keterangan :

$C_4 = 0.2296 \cdot ((B/Lwl)^{0.3333})$	untuk ($B/Lwl \leq 0.11$)
$C_4 = B/Lwl$	untuk ($0.11 \leq B/Lwl \leq 0.25$)
$C_4 = 0.5 - 0.0625 \cdot (Lwl/B)$	untuk ($B/Lwl > 0.25$)..... (4.15)

$$d = -0.9$$

$$i_E = \text{half angle of entrance at the load waterline}$$

$$= 125.67 \frac{B}{L} - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 \left(LCB + \frac{6.8(T_a - T_f)}{T} \right)^3 \dots\dots\dots (4.16)$$

T_a = moulded draft at AP [m]

T_f = moulded draft at FP [m]

$$T_a = T_f = T$$

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

keterangan :

$C_5 = 8.0798.C_P - 13.8673.C_P^2 - 6.9844.C_P^3$	[untuk $C_P \leq 0.8$]	
$C_5 = 1.7301 - 0.7067 .C_P$	[untuk $C_P \geq 0.8$]	(4.17)

$$m_2 = C_6 * 0.4e^{-0.034Fn^{329}}$$

$$= 0$$

keterangan :

$C_6 = -1.69385$	[untuk $L^3 / \nabla \leq 512$]	
$C_6 = -1.69385 + (Lwl / \nabla^{1/3} - 8) / 2.36$	[untuk $512 \leq Lwl^3 / \nabla \leq 1727$]	
$C_6 = 0$	[untuk $Lwl^3 / \nabla \geq 1727$]	(4.18)

$\lambda = 1.446C_P - 0.03L/B$	[untuk $Lwl / B \leq 12$]	
$\lambda = 1.446C_P - 0.36$	[untuk $Lwl / B \geq 12$]	(4.19)

$$C_2 = e^{-1.89} \frac{A_{BT} \gamma_B}{BT(\gamma_B + i)}$$

$$C_2 = 1, \text{ tidak ada bulb}$$

keterangan :

$$\gamma_B = \text{effective bulb radius}$$

$$= 0.56A_{BT}^{0.5}$$

$$i = \text{effective submergence of the bulb}$$

$$= T_f - h_B - 0.4464\gamma_B$$

$$T_f = \text{moulded draft at FP} = T$$

$$h_B = \text{height of the centroid of the area ABT above base line}$$

$$= 85\% \frac{D}{2}$$

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

keterangan :

$$A_T = \text{immersed area of the transom at zero speed} = 0$$

IV.5.4 Model Ship Correlation Allowance

Untuk menghitung model *ship correlation allowance* diberikan rumus sebagai berikut :

$$C_A = 0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad [\text{untuk } T_f/L_{WL} > 0.04]$$

$$C_A = 0.006(L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 + 0.003 \left(\frac{L_{WL}}{7.5} \right)^{0.5} \cdot C_b^{0.4} (0.04 - T_f)$$

$$[\text{untuk } T_f/L_{WL} < 0.04] \quad \dots(4.20)$$

Setelah semua harga komponen hambatan total sudah didapatkan, maka selanjutnya hambatan total dapat dihitung dengan formulayang sudah diberikan sebelumnya di atas. Kemudian pada harga hambatan total tersebut ditambahkan sea margin sebesar 15 % (penambahan hambatan kapal ketika kapal beroperasi ; kekasaran pada lambung kapal).

$$\begin{aligned} \textcircled{\bullet} R_{\text{total}} &= 0.5 \cdot 1025 \cdot V_S^2 \cdot S_{\text{total}} \cdot (C_{FO} \cdot (1 + k) + C_A + \left(\frac{R_W}{W} \cdot W \right)) \\ X\% &= \text{Koreksi daerah pelayaran wilayah Asia Timur antara 15\% -20\% DHP} \\ X\% &= 15\% \\ \textcircled{\bullet} R_{\text{total}} + \text{Margin 15\% } R_{\text{total}} &= 165,723 \text{ kN} \end{aligned}$$

IV.6. Perhitungan Power dan Pemilihan Mesin Induk

Untuk mendapatkan harga daya mesin induk yang dibutuhkan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan *propulsive coefficient*. Adapun untuk rumus-rumus perhitungan *propulsive coefficient* (η_D) dalam *Principle of Naval Architecture Vol.II* diberikan pada formula 4.21:

$$\eta_D = \eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_R \quad \dots\dots\dots(4.21)$$

η_H = Hull Efficiency

$$\eta_H = \frac{1 - t}{1 - w} \quad \dots\dots\dots (4.22)$$

dimana :

t = 0.1 (untuk *single screw*)

w = wake friction

$$= 0.3 \cdot C_b + 10 \cdot C_b \cdot C_v - 0.1$$

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

η_O = open water propeller efficiency

$$\eta_o = (J/2\pi) \cdot (KT/KQ) \dots\dots\dots(4.23)$$

η_R = relative rotative efficiency
 = 0.98 (untuk *single screw*)

dimana :

J = advance coefficient

$$J = \frac{V_a}{n \cdot D} \dots\dots\dots(4.24)$$

$V_a = V_s \cdot (1 - w)$; V_s adalah kecepatan dinas kapal [m/s]

$n_{(rps)} = n_{(rpm)}/60$

$T = D \cdot n_{(rps)} \cdot K_T$; D adalah diameter Propeller (0.65T)

$Q = D \cdot n_{(rps)} \cdot K_Q$; K_T, K_Q didapat dari diagram KT-KQ

Untuk perhitungan daya motor induk (P_B), rumus dalam ”*Parametric Design Chapter 11*” diberikan pada fromula 4.25 :

$P_B = \text{BHP (break house power)}$

$$P_B = \frac{P_D}{\eta_s \cdot \eta_{rg}} \text{ [kW]} \dots\dots\dots(4.25)$$

dimana :

$P_D = \text{DHP (delivered power at propeller)}$

$$P_D = \frac{R_T \cdot V_s}{\eta_D} \text{ [kW]} \dots\dots\dots(4.26)$$

η_s = shaft efficiency
 = 0.98 – 0.985

η_{rg} = reduction gear efficiency
 = 0.98

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

Koreksi akibat letak kamar mesin = 3% P_B

Koreksi akibat rute = 10% P_B

Sehingga total $P_B = P_B + 3\%P_B + 10\%P_B$

Dari perhitungan tersebut didapatkan Total BHP sebesar 1929,772 kW. Didapatkan spesifikasi mesin induk sebagai berikut :

□ Mesin Induk :

Merek : Wartsila 26 6L26
Daya : 1950 kW
RPM : 900
Panjang : 4251 mm
Lebar : 1912 mm
Tinggi : 2832 mm
Berat : 17 ton

IV.7. Perhitungan Berat Permesinan dan Titik Berat Permesinan

Perhitungan berat permesinan ini menggunakan referensi dari buku *Ship Design Efficiency and Economy*, 1998 H Schneekluth. Formula yang digunakan adalah formula 4.27:

$$W_{\text{total}} = W_e + W_{\text{proptotal}} + W_{\text{ot}} \dots\dots\dots (4.27)$$

Dimana:

W_e = Berat mesin induk (*gear box, poros propeller, propeller*)

$W_{\text{proptotal}}$ = Berat unit propulsi

W_{ot} = Berat lain-lain (Berat pompa, perpipaan, kabel, tangga, *platform, kompresor, dll*)

Didapatkan:

a. $W_e = 17 \text{ ton}$

b. $W_{\text{proptotal}}$

Perhitungan $W_{\text{proptotal}}$ menggunakan referensi dari *Ship Design for Efficiency and Economy*-2nd Edition hlm 182.

$$\begin{aligned} W_{\text{gear}} &= \text{Berat Gear Box} \\ &= 2 \cdot (0.34 \sim 0.4) \cdot \frac{P_B}{n} \\ &= 1,34 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_s &= \text{Berat Poros Propeler} \\ &= 2 \cdot \frac{M_s}{1} \cdot l \\ &= 3,473 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$W_{\text{prop}} = \text{Berat Propeler}$$

$$= 2 \cdot D^3 \cdot K$$

$$= 3,36 \text{ ton}$$

$$W_{\text{proptotal}} = W_{\text{gear}} + M_s + W_{\text{prop}}$$

$$= 8,173 \text{ ton}$$

c. W_{ot}

$$W_{\text{ot}} = (0.04 \sim 0.07) \cdot P_B$$

$$= 0,07 \cdot 2009,506$$

$$= 140,665 \text{ ton}$$

$$W_{\text{total}} = W_e + W_{\text{proptotal}} + W_{\text{ot}}$$

$$= 167,838 \text{ ton}$$

Perhitungan Titik berat permesinan menggunakan referensi dari *Chapter 11 Parametric design, page 11-25*.

$$h_{\text{db}} = \text{Tinggi Double bottom}$$

$$= 1,708 \quad ; h_{\text{min}} = 1 \text{ m}$$

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

$$= 6,710 \text{ m}$$

$$L_{\text{ceruk buritan}} = \text{dari GA}$$

$$= 9,000 \text{ m}$$

$$LCG_{\text{FP}} = L_{\text{pp}} - LCB - 5$$

$$= 136,000 \text{ m}$$

$$LCG_{\text{M}} = -(LCG_{\text{FP}} - 0.5 \cdot L_{\text{PP}})$$

$$= -61 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

IV.8. Penentuan Gas Power Plant

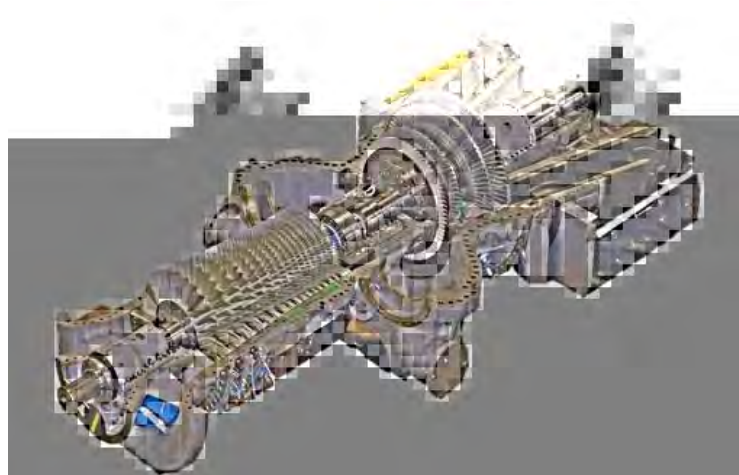
Pembangkit listrik tenaga gas yang digunakan pada kapal yang akan didesain menggunakan Pembangkit listrik tenaga gas *combined cycle system*. Sistem yang menggabungkan antara turbin uap dan turbin gas, dimana uap hasil dari turbin gas tidak langsung dibuang melainkan digunakan untuk menggerakkan turbin uap atau HRSG (*Heat Recovery Steam Turbine*). Sistem ini dapat menaikkan efisiensi penggunaan bahan bakar 30%-50%.

Keandalan sistem turbin gas akan meningkat apabila dalam suatu sistem tersebut tidak hanya menggunakan satu sistem turbin gas. Oleh karena itu pada sistem pembangkit listrik kapal ini digunakan sistem PLTG 2-2-1 (2 turbin gas, 2 HRSG, dan 1 turbin uap).

Dari *output* daya listrik yang telah didapatkan sebelumnya, yaitu sebesar 141 MW, dilakukan pencarian sistem pembangkit listrik tenaga gas *combined cycle* (turbin gas dan turbin uap) pada katalog-katalog sesuai dengan besar *output* daya listrik yang dibutuhkan. Didapatkan sistem pembangkit listrik tenaga gas dengan spesifikasi sebagai berikut:

Gas Turbine

Merek	: Mitsubishi Hitachi Power System
Tipe	: H-50 Series Gas Turbine
Frekuensi listrik	: 50 Hz
<i>Output</i>	: 57,4 MW
Berat	: 145 ton
<i>Starting Time</i>	: 70 menit



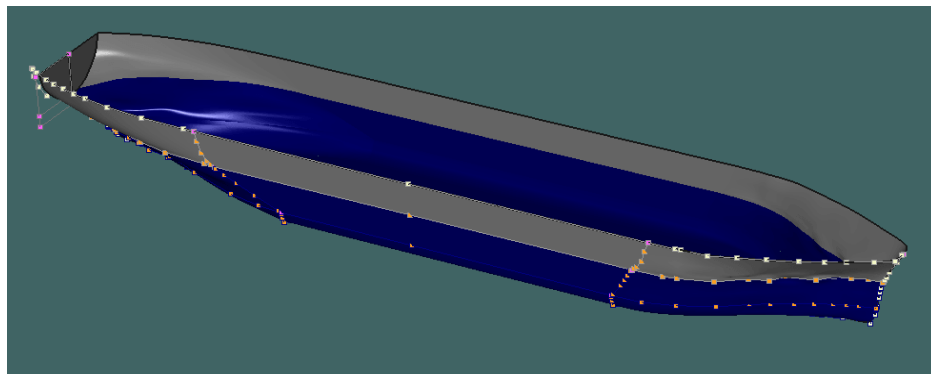
Gambar IV.4. Gas turbin sistem pembangkit listrik tenaga gas. (<https://www.mhps.com>)

Steam Turbine

Merek	: Siemens
Tipe	: SST-300 Industrial Steam Turbine
<i>Output</i>	: 29,2 MW
Berat	: 125 ton

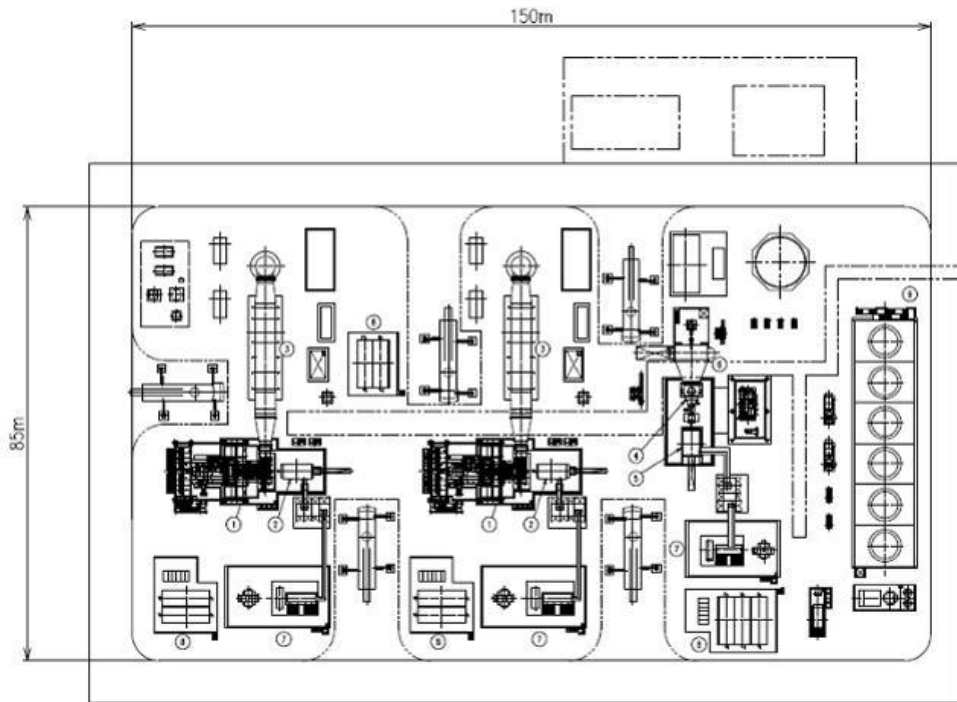
Dilakukan pembuatan model kapal awal menggunakan software *Maxsurf Education Version*, yang digunakan sebagai acuan pembuatan layout pembangkit listrik tenaga gas. Gambar IV.5 merupakan hasil dari pembuatan model kapal awal menggunakan software *Maxsurf Education Version*.

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	25402	t
2	Volume (displaced)	24781,962	m ³
3	Draft Amidships	7,000	m
4	Immersed depth	7,000	m
5	WL Length	161,683	m
6	Beam max extents o	31,000	m
7	Wetted Area	5591,938	m ²
8	Max sect. area	214,166	m ²
9	Waterpl. Area	3880,852	m ²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,716	
11	Block coeff. (Cb)	0,706	
12	Max Sect. area coeff	0,987	
13	Waterpl. area coeff.	0,774	
14	LCB length	83,220	from z
15	LCF length	80,046	from z
16	LCB %	51,471	from z
17	LCF %	49,508	from z
18	KB	3,610	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	10,726	m
21	BML	221,075	m
22	GMt corrected	14,336	m
23	GML	224,685	m
24	KMt	14,336	m
25	KML	224,685	m
26	Immersion (TPc)	39,779	tonne/c
27	MTc	353,073	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.Di	6355,455	tonne.
29	Length:Beam ratio	5,216	
30	Beam:Draft ratio	4,429	
31	Length:VoP0.333 ratio	5,546	
32	Precision	Highest	219 sta



Gambar IV.5. Pemodelan kapal awal menggunakan software *Maxsurf Education Version*

Selain itu, pembuatan layout pembangkit listrik mengacu pada Gambar IV.6 yang merupakan layout PLTG yang tersedia pada katalog turbin gas. Selain itu pembuatan layout PLTG juga menggunakan pertimbangan layout dari kapal MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan pada Gambar IV.7.

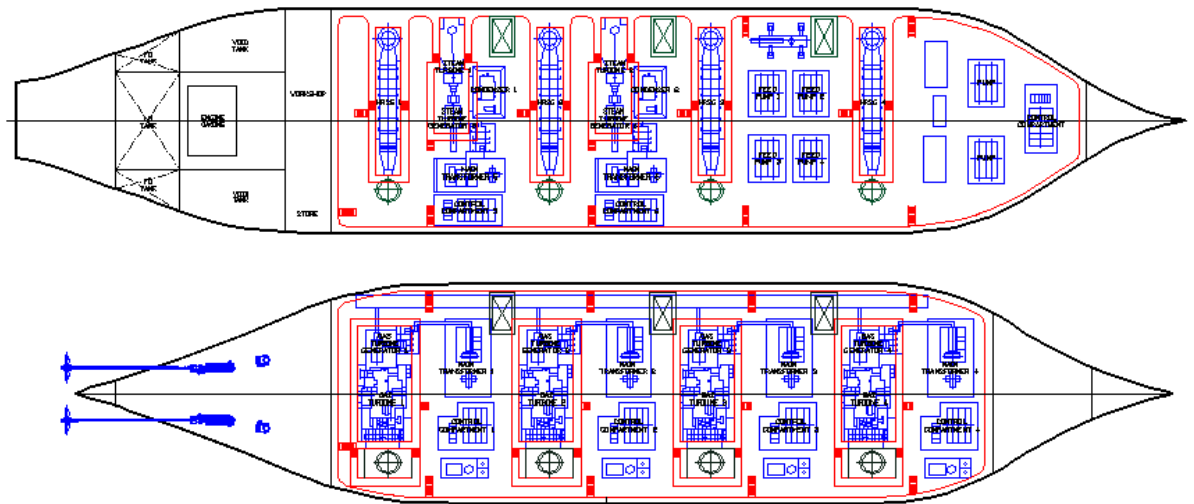


Gambar IV.6 Layout PLTG pada katalog turbin
<https://www.mhps.com>



Gambar IV.7 Layout PLTG MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan
<http://www.radikal.com.tr>

Kemudian dilakukan *ploting* layout pembangkit listrik tenaga gas ke dalam kapal. Gambar IV.8 merupakan layout pembangkit listrik tenaga gas yang telah diplot kemodel kapal awal.



Gambar IV.8 Layout Awal PLTG di dalam kapal

IV.9. Perhitungan Berat *Gas Power Plant* dan Titik Berat *Gas Power Plant*

Daftar berat *Gas Power Plant* didapatkan melalui katalog-katalog yang telah diperoleh. Tabel IV.6 merupakan rangkuman dari berat *Power Plant* pada kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain.

Tabel IV.5 Daftar berat *Gas Power Plant*

No	Mesin	Jumlah	Berat (ton)	Berat Total
1	Gas Turbine + base	4	170	680
2	Lube oil tank, starting means and auxiliaries	6	40	240
3	Generator	6	155	930
4	Reduction Gear	4	25	100
4	Air intake system	4	68	272
5	Exhaust system	4	22	88
6	Gas valve compartment	4	5	20
7	Steam Turbine	2	125	250
8	Heat Recovery Steam Generator (HRSG)	4	150	600
Wtotal				3180

Setelah itu dilakukan perhitungan titik berat *Gas Power Plant* menggunakan data berat *Gas Power Plant* pada Tabel IV.5 dan layout pembangkit listrik awal pada Gambar IV.8. Sehingga didapatkan Tabel IV.6 yang merupakan rangkuman titik berat keseluruhan *Power Plant*.

Tabel IV.6 Titik Berat dari *Gas Power Plant*

No	Mesin	KG (m)	LCG (m) dari midship
1	Gas Turbine + base	4,597	1,153
2	Lube oil tank, starting means and auxiliaries	5,653	7,247
3	Generator	6,711	-3,534

4	Reduction Gear	4,597	3,593
4	Air intake system	4,597	3,571
5	Exhaust system	13,410	4,468
6	Gas valve compartment	3,978	3,593
7	Steam Turbine	10,939	-8,922
8	Heat Recovery Steam Generator (HRSG)	12,572	4,468

$$LCG = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4 + W_5 \cdot x_5 + W_6 \cdot x_6 + W_7 \cdot x_7 + W_8 \cdot x_8}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8}$$

$$= 0,466 \text{ m dari midship}$$

$$KG = \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_4 \cdot y_4 + W_5 \cdot y_5 + W_6 \cdot y_6 + W_7 \cdot y_7 + W_8 \cdot y_8}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8}$$

$$= 7,538 \text{ m}$$

IV.10. Perhitungan Berat Baja

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

Berikut ini adalah hasil perhitungan berat baja kapal:

Volume Deck House

$$\begin{aligned} V_{DH} &= V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} \\ &= 2792,4000 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{ST} &= L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 10433,753 \text{ ton} \end{aligned}$$

Titik Berat Baja (*Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.150*)

$$\begin{aligned} KG &= DA \cdot C_{KG} \\ &= 9,697 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Parametric Design Chapter 11 , Hlm.25

$$\begin{aligned} LCG_M &= LCB(\%) \cdot L_{PP} \\ &= 4,979 \quad \text{m} \end{aligned}$$

IV.11. Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

a. Grup III

$$W_{DH} \text{ Layer 1} = 86,4 \text{ ton}$$

$$W_{DH} \text{ Layer 2} = 86,4 \text{ ton}$$

$$W_{DH} \text{ Anjungan} = 42 \text{ ton}$$

$$W_{DA} \text{ Forecastle} = 46,103 \text{ ton}$$

$$W_{total} = 260,903 \text{ ton}$$

b. Grup IV

$$W_{IV} = 459,927$$

Sehingga W peralatan dan perlengkapan total adalah 720,830 ton

Titik berat dari peralatan dan perlengkapan adalah

$$LCG = 36,639 \text{ m, dibelakang midship}$$

$$KG = 16,694 \text{ m}$$

IV.12. Perhitungan Berat *Consumable*

Penentuan jumlah *crew* kapal menggunakan acuan dari jumlah *crew* MVPP Karadeniz Powership Zeynep Sultan, yaitu 24 orang. Tabel IV.7 merupakan daftar *crew* pada kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain:

Tabel IV.7 *Crew* kapal pembangkit listrik tenaga gas

● **Deck Department**

Crew	Jumlah
Captain	1
Chief Officer	1
Seaman	3
Chief Cook	1
Assistant Cook	1
Total Jumlah	7

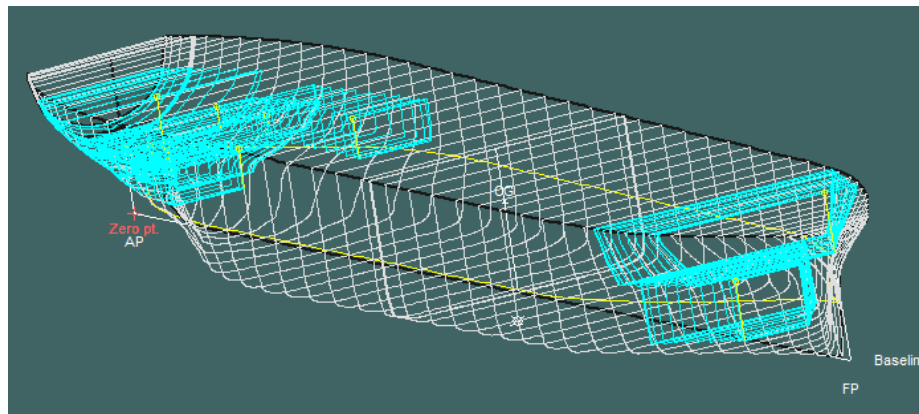
● **Departemen Engineering**

Crew	Jumlah
Manager Engineering	1
Eng. Sistem Mekanikal	3
Eng. Sistem Elektrikal	3
Eng. Sistem Kinerja Pembangkit	3
Perenc. Pengend. Operasi dan Pemeliharaan	1
Total Jumlah	11

● **Departemen Produksi**

Crew	Jumlah
Manager Produksi	1
Eng. Perenc. Pengend. Bahan Bakar dan Pelumas	3
Logistik	1
Eng. Keselamatan Ketenagalistrikan	1
Total Jumlah	6

Untuk mendapatkan berat dan volume tangki-tangki, dilakukan perhitungan kebutuhan *fresh water*, *fuel oil*, *lubricating oil*, dan HFO (*Heavy Fuel Oil*) menggunakan referensi dari *Hand Out* Rencana Umum dari Ir. Gaguk Suhardjito, MM. Setelah itu ditentukan penempatan tangki menggunakan bantuan software *Maxsurf Stability Advanced Education Version* dengan menyesuaikan kebutuhan tangki yang telah didapatkan sebelumnya seperti pada Gambar IV.9. Kemudian dari pemodelan ini didapatkan berat dan titik berat dari tangki kapal.



Gambar IV.9 Penempatan tangki menggunakan software *Maxsurf Stability Advanced Education Version*

IV.13. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu komponen DWT (*Dead Weight Tonnage*) dan komponen LWT (*Light Weight Tonnage*). Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan margin berat kapal sebesar 3,79%. Sedangkan margin maksimal berat kapal yang diijinkan adalah 5%, sehingga perhitungan berat kapal diterima.

IV.10.1 Perhitungan DWT

Komponen berat kapal DWT dalam tugas akhir ini terdiri dari berat *crew* dan barang bawannya, berat tangki air tawar, berat tangki bahan bakar, berat tangki minyak pelumas, serta berat tangki HFO.

Tabel IV.8 merupakan rekapitulasi hasil perhitungan berat DWT kapal yang terdiri dari berat penumpang dan barang bawaan, serta berat tangki.

Tabel IV.8 Berat DWT kapal

No	Item	Value	Unit
1	Berat Penumpang dan Barang Bawaan		
	Jumlah crew kapal	24	orang
	Crew dan barang bawaan	0,17	kg/orang
	Berat total crew dan barang bawaan	4,08	ton

Berat Tangki			
2	Tangki air tawar	224,152	ton
	Tangki bahan bakar kapal	199,194	ton
	Tangki minyak pelumas	270,098	ton
	Tangki HFO (Bahan bakar turbin)	1345,137	ton
	Berat total tangki	2038,581	ton
Total DWT		2042,661	ton

IV.10.2 Perhitungan berat LWT

Berat LWT merupakan berat kapal kosong dan terdiri dari berat baja kapal, berat konstruksi lambung kapal, berat permesinan, dan peralatan yang digunakan. Tabel IV.9 merupakan rekapitulasi perhitungan berat LWT kapal yang didesain.

Tabel IV.9 Berat LWT kapal

No	Item	Value	Unit
Berat Power Plant			
1	Gas Turbine + base	680,00	ton
	Lube oil tank, starting means and auxiliaries	240,00	ton
	Generator	930,00	ton
	Reduction Gear	100,00	ton
	Air intake system	272,00	ton
	Exhaust system	88,00	ton
	Gas valve compartment	20,00	ton
	Steam Turbine	250,00	ton
	Heat Recovery Steam Generator (HRSG)	600,00	ton
	Berat total <i>Power Plant</i>		3180,00
Berat Permesinan Kapal			
2	<i>Main Engine</i>	17,00	ton
	<i>Gear Box</i>	1,72	ton
	Poros Propeller	4,09	ton
	Propeller	9,80	ton
	Lain-lain (ex: Berat pump, pipes, cables, stair, platform, compressor, dll)	135,08	ton
	Berat total Permesinan Kapal		167,69
Berat Baja Kapal			
3	Total Berat Baja Kapal	9538,69	ton
Berat Peralatan dan Perlengkapan			
4	Peralatan dan Perlengkapan	260,90	ton
	Grup IV	459,93	ton
	Berat total Peralatan dan Perlengkapan		720,83
Berat Ballast			
5	Berat <i>Ballast</i>	8785,45	ton
Total LWT		22392,65	ton

IV.14. Perhitungan Titik Berat Kapal

Dilakukan perhitungan titik berat LWT kapal, yang nantinya menjadi *input* untuk software *Maxsurf Stability Advanced Education Version* untuk mendapatkan titik berat total kapal.

KG LWT

$$\text{KG} = \frac{W_{ST} \cdot \text{KG}_{ST} + W_{E\&O} \cdot \text{KG}_{E\&O} + W_M \cdot \text{KG}_M + W_{\text{cons}} \cdot \text{KG}_{\text{cons}} + W_{\text{payload}} \cdot \text{KG}_{\text{payload}}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{\text{cons}} + W_{\text{payload}}}$$

$$= 9,516 \text{ m}$$

LCG LWT

$$\text{LCG} = \frac{W_{ST} \cdot \text{LCG}_{ST} + W_{E\&O} \cdot \text{LCG}_{E\&O} + W_M \cdot \text{LCG}_M + W_{\text{cons}} \cdot \text{LCG}_{\text{cons}} + W_{\text{payload}} \cdot \text{LCG}_P}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{\text{cons}} + W_{\text{payload}}}$$

$$= 0,765 \text{ m}$$

Tabel IV.10 Titik berat kapal total menggunakan *Maxsurf Stability Advanced Education Version*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m³	Total Volume m³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	13607,206	13607,206			82,079	0,000	9,516	0,000	User Specific
2	FW Tank	100%	224,152	224,152	224,152	224,152	17,685	0,000	6,478	0,000	Maximum
3	LO Tank	100%	270,098	270,098	293,585	293,585	16,977	0,000	9,404	0,000	Maximum
4	Port FO Tank	100%	99,597	99,597	105,472	105,472	17,454	-9,367	9,512	0,000	Maximum
5	Stbd FO Tank	100%	99,597	99,597	105,472	105,472	17,454	9,367	9,512	0,000	Maximum
6	HFO Tank	100%	1345,137	1345,137	1222,852	1222,852	140,270	0,000	5,077	0,000	Maximum
7	ForeBallast	100%	4587,497	4587,497	2085,226	2085,226	140,253	0,000	12,702	0,000	Maximum
8	AfterBallast	100%	2222,053	2222,053	1010,024	1010,024	6,178	0,000	9,748	0,000	Maximum
9	PortBallast	100%	986,490	986,490	448,405	448,405	29,320	-10,410	10,349	0,000	Maximum
10	StarboardBallast	100%	986,408	986,408	448,367	448,367	29,319	10,410	10,349	0,000	Maximum
11	Total Loadca			24428,236	5943,554	5943,554	83,205	0,000	9,929	0,000	
12	FS correction								0,000		
13	VCG fluid								9,929		

Dari Tabel IV.10 diketahui titik berat kapal total, yaitu:

$$\begin{aligned} \text{LCG total kapal} &= 83,205 \text{ m dari AP} \\ &= 2,381 \text{ m di depan midship} \\ \text{KG total kapal} &= 9,929 \text{ m} \end{aligned}$$

IV.15. Perhitungan Trim

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

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

Perhitungan *trim* dengan rumus yang diambil dari *Parametric Design chapter 11*

[Parsons]:

1. KB

$$\boxed{\text{KB/T} = 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B} \dots\dots\dots (4.28)$$

$$\text{KB} = 3,735 \text{ m}$$

2. BM_T

$$C_I = 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041$$

$$= 0,05647179$$

$$I_T = C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3$$

$$= 261605,597$$

$$\boxed{\text{BM}_T = I_T / \nabla} \dots\dots\dots (4.29)$$

$$= 10,558 \text{ m}$$

3. BM_L

$$C_{IL} = \frac{0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146}{\text{Longitudinal Inertia Coefficient}}$$

$$= 0,04624534$$

$$I_L = C_{IL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B$$

$$= 5390398,24 \text{ m}^4$$

$$\boxed{\text{BM}_L = I_L / \nabla} \dots\dots\dots (4.30)$$

$$= 217,544 \text{ m}$$

$$4. \boxed{\text{GM}_L = \text{KB} + \text{BM}_L - \text{KG}}$$

$$= 211,278917$$

$$5. \boxed{\text{Trim} = \frac{(\text{LCG} - \text{LCB}) \cdot L_{Pl}}{\text{GM}_L}}$$

$$= 2,327952 \text{ m}$$

Kondisi Trim

Trim Buritan

6. Batasan Trim

$$\Delta (\text{LCG} - \text{LCB})$$

$$= 3,164$$

$$0.05 \cdot L_{PP}$$

$$= 7,775$$

Kondisi Batasan Trim diterima

IV.16. Perhitungan *Freeboard*

- Tipe kapal

Menurut ICLL 1966 tipe kapal dibedakan menjadi dua, tipe kapal A dan tipe kapal B. Kapal PLTG ini termasuk kategori kapal tipe B.

- *Freeboard standart*

Yaitu *freeboard* yang tertera pada tabel *freeboard* standar sesuai dengan tipe kapal. Untuk tipe kapal B dengan panjang 155,5 m didapatkan *freeboard standart* 2429 mm.

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

$$\begin{aligned} Fb_2 &= fb \times (0.68 + C_b) / 1.36 \\ &= 2429 \times (0.68 + 0.706) / 1.36 \\ &= 2475,57 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Koreksi tinggi (Fb_3)

Koreksi dilakukan apabila $D > L/15$

D = tinggi kapal = 16 meter

$L/15 = 10$; $D > L/15$ maka

untuk $L < 120m$; $R = L/0.48$

untuk $L > 120m$; $R = 250$

$$R = 250$$

$$\begin{aligned} Fb_3 &= Fb_2 + (R(D - (L/15))) \\ &= 2475,57 + (250(16 - (155,5/15))) \\ &= 3883,904 \text{ mm} \end{aligned}$$

- Koreksi lengkung memanjang kapal

Karena kapal ini tidak memiliki lengkungan atau sheer, maka koreksi LMK = 0 mm

- Lambung timbul minimum

Adalah penjumlahan dari semua koreksi untuk mendapatkan tinggi lambung timbul minimum.

$$\text{Freeboard standart} = 2429 \text{ mm}$$

$$\text{Koreksi } C_b = 2475,57 \text{ mm}$$

$$\text{Koreksi tinggi} = 3883,904 \text{ mm}$$

$$\text{Lambung timbul (Freeboard) minimum} = 8788,474 \text{ mm}$$

Dari perhitungan batasan yang telah dibuat didapat nilai lambung timbul minimum adalah 8,788 m. Lambung timbul yang didapatkan dari H – T didapat nilai 9 m. Jadi lambung timbul kapal PLTG yang didesain telah memenuhi standar.

IV.17. Perhitungan Stabilitas

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* (SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO). Perhitungan stabilitas dilakukan dengan bantuan software *Maxsurf Stability Advanced Education Version*. Kriteria stabilitas yang digunakan dalam perhitungan software adalah IS Code 2008. Tabel IV.11 merupakan rangkuman hasil perhitungan yang telah dibandingkan dengan batasannya:

Tabel IV.11 Hasil perhitungan stabilitas

Data	Loadcase I (100%)	Loadcase II (60%)	Loadcase III (30%)	Kriteria IMO	Kondisi
e_{30° (m.deg)	40,581	39,414	39,453	$\geq 3,1513$	Diterima
e_{40° (m)	71,358	69,234	69,220	$\geq 5,1566$	Diterima
e_{30-40° (m.deg)	30,776	29,820	29,767	≥ 1.7189	Diterima
h_{30° (m.deg)	3,195	3,090	3,083	≥ 0.2	Diterima
θ_{max} (deg)	39,1	39,1	39,1	≥ 25	Diterima
GM_0 (m)	4,588	4,391	4,373	≥ 0.15	Diterima

Keterangan :

- e_{30° adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai 30° sudut oleng,
- e_{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° .

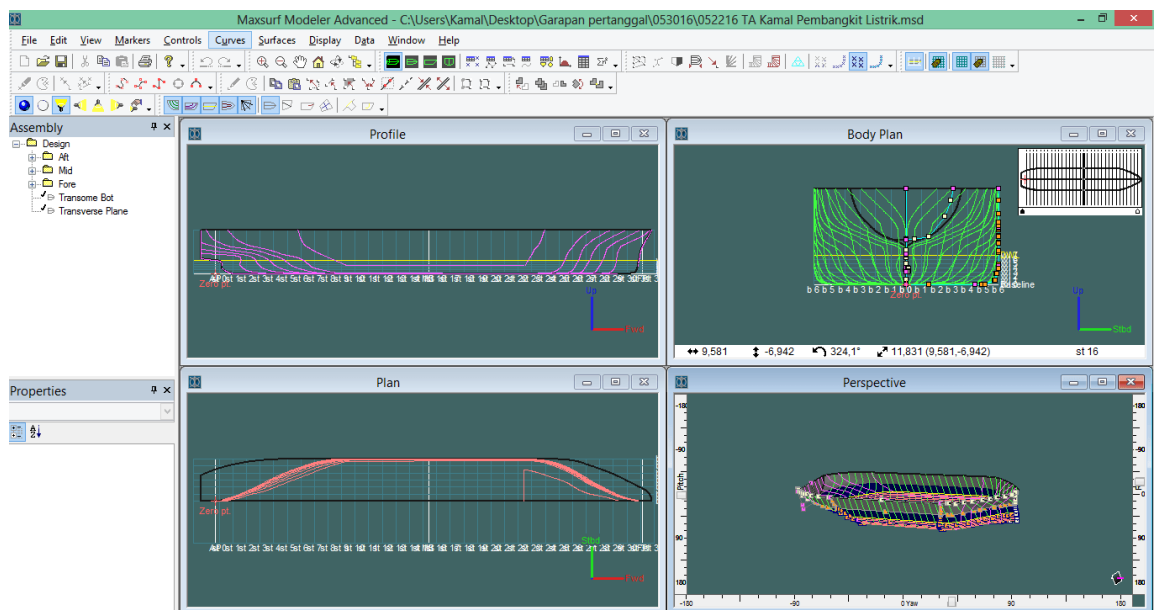
IV.18. Pembuatan Lines Plan

Dalam proses merancang sebuah kapal maka yang pertama dilakukan adalah pembuatan rencana garis. Dalam pembuatan rencana garis ini digunakan software *Maxsurf Education Version* dan *CAD*.

Pada Program *Maxsurf Education Version* telah disediakan beberapa desain dasar kapal, seperti *Tanker Bow*, *series 60*, *ship 1*, *ship 2*, *ship 3* dan sebagainya. Dengan memanfaatkan desain dasar tersebut (berupa bagian bentuk kapal), maka dapat dibuat bagian kapal lainnya dengan menggunakan bentuk-bentuk dasar seperti model kapal yang dipilih.

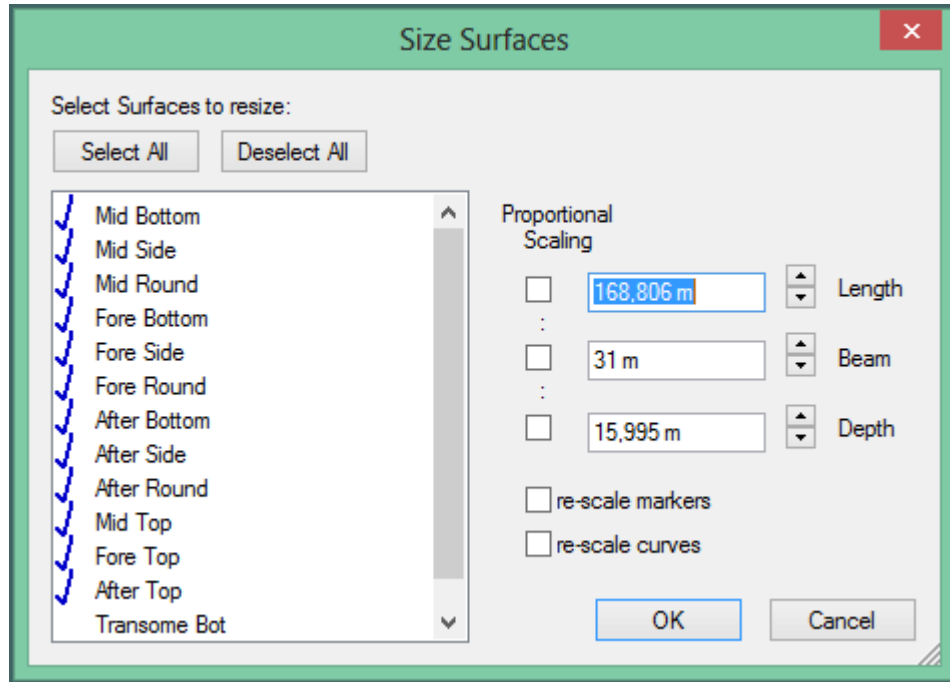
Dalam proses desain kapal PLTG ini, pembuatan rencana garis di *Maxsurf Education Version* dilakukan dengan menggunakan bantuan *sample design* yang sudah tersedia. *Sample design* tersebut diatur sedemikian rupa sehingga memiliki karakteristik yang sama dengan hasil tertentu (memiliki ukuran utama, *displacement*, C_B , C_P , dan *LCB* yang sama).

Untuk melihat *smooth* atau tidaknya permukaan desain, didalam *Maxsurf Education Version* telah disediakan pandangan dari beberapa sudut, yaitu tampak depan/belakang, tampak samping, tampak atas dan pandangan perspektif. Garis-garis dari berbagai sudut pandang itulah yang nantinya akan dijadikan sebagai rencana garis. Gambar IV.10 merupakan gambar dari model yang telah dibuat.



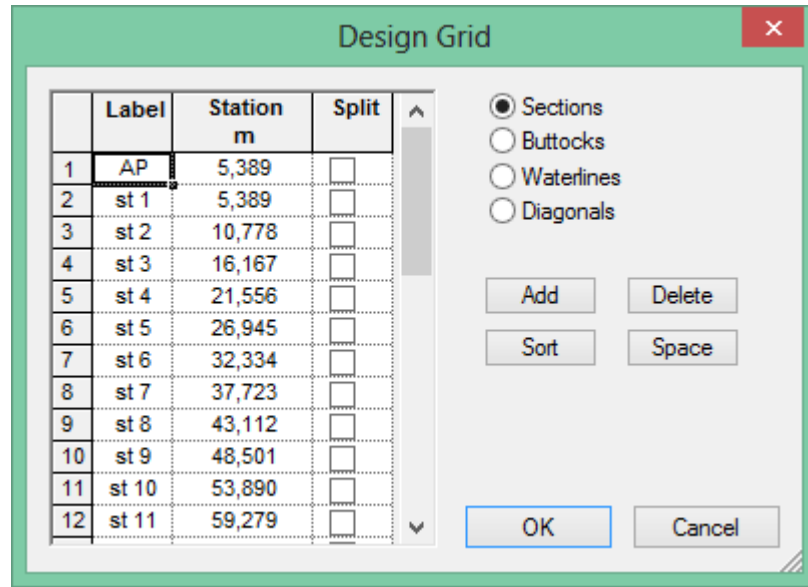
Gambar IV.10 Model kapal PLTG tampilan *Maxsurf Education Version*

Setelah *sample design* dibuka, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran *surface* pada menu *surface > size surface* kemudian akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.11.



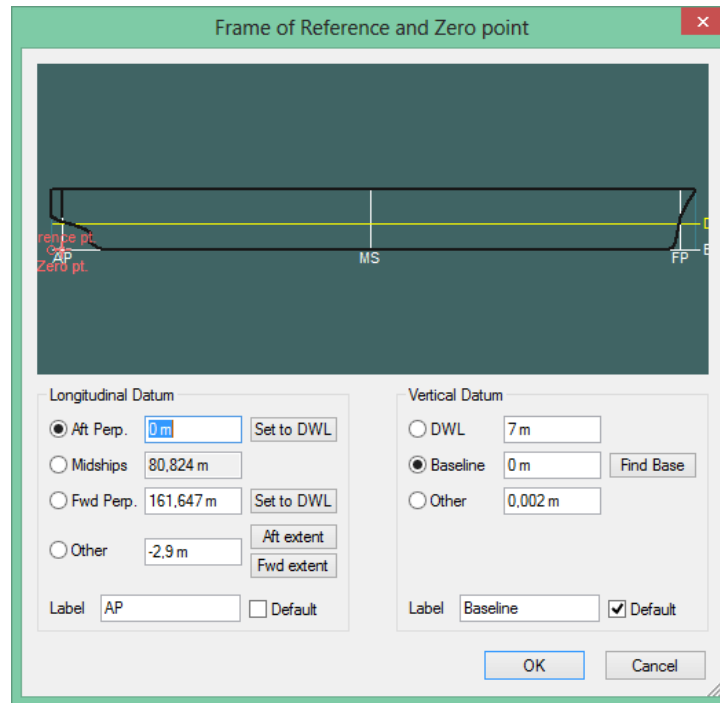
Gambar IV.11 Tab *Size Surface*

Untuk panjang diisi dengan Loa kapal, agar L_{pp} dapat sesuai dengan perhitungan. lebar dan tinggi disamakan dengan hasil perhitungan. Sedangkan untuk mengatur jumlah dan letak dari station, *Buttock line* dan *Water line*, dengan mengakses *menu data > grid spacing* dan akan muncul kotak dialog seperti pada Gambar IV.12.



Gambar IV.12 Pengaturan jumlah *Section*, *Buttock*, dan *Waterline*

Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dari model ini. Untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses *menu data > frame of reference*. Pada Gambar IV.13 tampak panjang Lwl kapal.



Gambar IV.13 Pengaturan sarat dari model *Maxsurf Education Version*

Setelah sarat kapal ditentukan selanjutnya dilakukan pengecekan nilai hidrostatis dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses *menu data > calculate hydrostatic*. Dari sini akan tampak data-data hidrostatis model. Jika data belum sesuai dengan

perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatis telah sesuai maka model ini dapat langsung diexport ke format *dxf* untuk di perbaiki dengan software *CAD*.

Pada pengerjaan ini data belum sesuai, maka dilakukan perbaikan dengan menarik node-node hingga data model kapal PLTG *Maxsurf Education Version* sesuai dengan data kapal PLTG pada perhitungan.

	Measurement	Value	Units
1	Displacement	25402	t
2	Volume (displaced)	24781,962	m³
3	Draft Amidships	7,000	m
4	Immersed depth	7,000	m
5	WL Length	161,683	m
6	Beam max extents o	31,000	m
7	Wetted Area	5591,938	m²
8	Max sect. area	214,166	m²
9	Waterpl. Area	3880,852	m²
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,716	
11	Block coeff. (Cb)	0,706	
12	Max Sect. area coeff	0,987	
13	Waterpl. area coeff.	0,774	
14	LCB length	83,220	from z
15	LCF length	80,046	from z
16	LCB %	51,471	from z
17	LCF %	49,508	from z
18	KB	3,610	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	10,726	m
21	BML	221,075	m
22	GMt corrected	14,336	m
23	GML	224,685	m
24	KMt	14,336	m
25	KML	224,685	m
26	Immersion (TPc)	39,779	tonne/c
27	MTc	353,073	tonne.
28	RM at 1deg = GMT.Di	6355,455	tonne.

Density (water) 1,025 tonne/m³
 Std. densities 1,025 tonne/m³ - Std. Metric sea water (1025.0 kg/m³)
 VCG 0 m
 Recalculate
 Select Rows ... Close

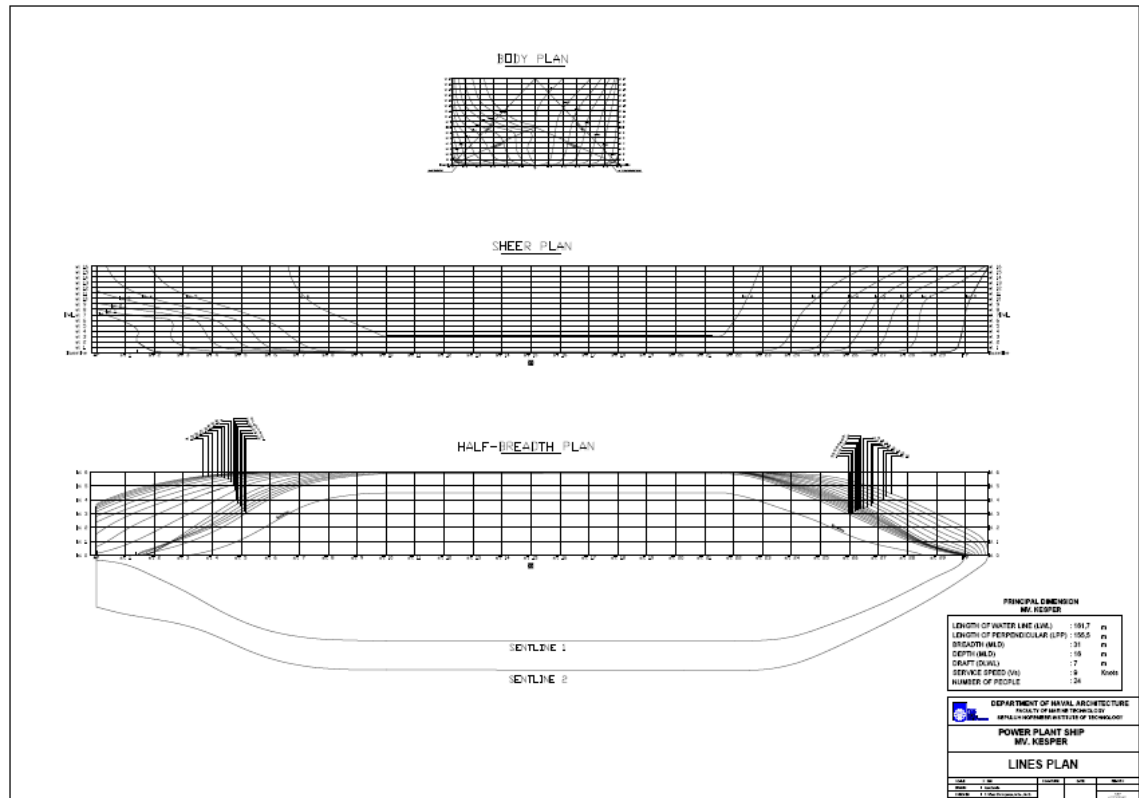
Gambar IV.14 Perhitungan Hidrostatik *Maxsurf Education Version*

Dari Gambar IV.14 diketahui bahwa ukuran model telah sesuai dengan perhitungan. Dari perhitungan displacement adalah 17146,869 ton, sedangkan displacement yang diperoleh dari *model Maxsurf Education Version* adalah 17154 ton. Selisih antara keduanya adalah 7,131 ton (0.0416 %), ini masih dalam rentang batasan yaitu 1%. Maka secara umum model yang telah dibuat dapat dilanjutkan keproses selanjutnya.

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

Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *halfbreadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabungkan ketiganya dalam satu file *dwg* yang merupakan output

dari software *CAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada rencana garis yang telah didapat. Gambar IV.15 merupakan rencana garis dari kapal PLTG yang didesain.



Gambar IV.15 *Lines Plan* kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain

Selanjutnya dilakukan pengerjaan pembuatan desain rencana umum dari kapal pembangkit listrik tenaga gas tersebut. Rencana umum dari barge ini meliputi peletakan ruangan pada *deck house*, posisi pelatakan Generator Set, peletakan peralatan-peralatan bantu dan *outfitting* lainnya yang sudah dihitung sebelumnya.

IV.19. Pembuatan General Arrangement

Setelah pembuatan rencana garis selesai, langkah selanjutnya adalah membuat Rencana Umum/*General Arrangement*. Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Pengaturan peletakan yang diatur dalam *General Arrangement* ini antara lain adalah posisi peletakan *Generator set* di atas geladak, pembagian lokasi ruangan kerja pada rumah geladak beserta akses masuk dan keluarnya, peletakan peralatan dan *outfitting* lainnya.

Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *lines plan* secara garis besar bentuk badan kapal (*outline*) akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Satu hal yang menjadi pokok dalam penyusunan Rencana Umum adalah faktor ekonomis. Hubungannya adalah bahwa kapal dengan GT atau volume ruangan tertutup pada kapal yang akan menjadi patokan dalam pengenaan pajak pada kapal ketika bersandar di pelabuhan. Kapal dengan ruangan-ruangan besar pada kapal akan menyebabkan GT kapal menjadi besar sehingga pajak yang dikenakan juga besar. GT tersebut dikenakan pada kapal sepanjang umur kapal menjadikan kapal tersebut menjadi tidak efisien dari segi ekonomis. Efisiensi tersebut bisa didapatkan dari penyusunan ruangan yang tepat serta penempatan pintu-pintu yang efektif diantara ruangan-ruangan tersebut.

Penyusunan yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Kebutuhan rohani dan jasmani awak kapal harus bisa terpenuhi. Unsur keindahan dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Faktor konstruksi juga menjadi perhatian dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut.

Menurut "*Ship Design and Construction*" (Taggart, 1980), karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- Penentuan lokasi ruang utama.
- Penentuan batas-batas ruangan.
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat.
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup.

Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah:

- Geladak tempat *Generator set*
- *Maintenance Area*
- Ruang kerja
- Tangki-tangki (bahan bakar, ballast, air tawar, dan lain-lain)
- Ruang-ruangan lainnya

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

- Sekat kedap masing-masing ruangan

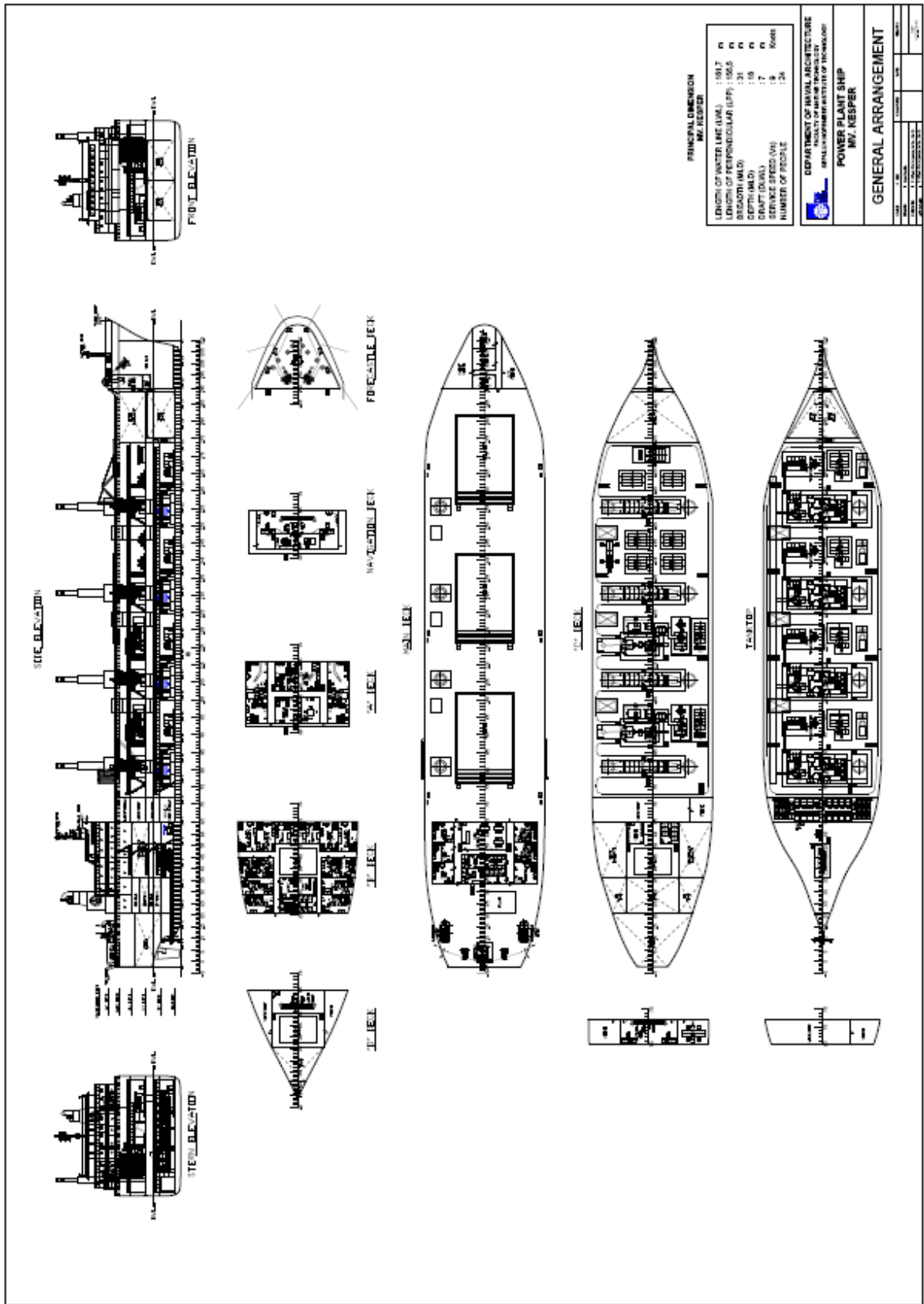
- Stabilitas yang cukup
- Struktur/konstruksi
- Penyediaan akses yang cukup

Gambar IV.16 merupakan *General Arrangement* kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain.

Penyusunan rencana umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapat dari data rencana umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan rencana umum harus didasarkan pada informasi minimum yang meliputi:

- Penentuan peletakan Generator Set pada geladak
- Penyimpanan bahan bakar HFO pada tangki di bawah geladak.
- Penentuan volume ruangan untuk kamar mesin berdasarkan jenis dan dimensi mesin.
- Penentuan volume ruangan akomodasi berdasarkan jumlah crew, penumpang dan standar akomodasi.
- Penentuan volume tangki-tangki terutama untuk bahan bakar dan ballast berdasarkan jenis mesin, jenis bahan bakar, dan radius pelayaran.
- Penentuan pembagian dan pembatasan jarak sekat melintang.
- Penentuan dimensi kapal (L, B, H, dan T).
- *Lines plan* yang telah dibuat sebelumnya.

Setelah semua langkah tersebut dipenuhi dan desain kapal sudah jadi maka diperlukan pengecekan kembali atas ukuran-ukuran utama apakah sudah sesuai dengan yang ditentukan atau belum.



Gambar IV. 16. General Arrangement

Kondisi Kelistrikan Nasional (Beban Daya Listrik dari 22 Sistem Kelistrikan di Indonesia)

No	Daerah	Kondisi Kelistrikan (%)	Daya Listrik Tersedia (MW)	Beban Daya Listrik (MW)
1	Aceh-Sumatera Utara	-5,22	1821	-95,0562
2	Sumatera Barat-Riau-Jambi	-9,79	1277	-125,0183
3	Sumatera Selatan-Bengkulu-Lampung	-8,19	1721	-140,9499
4	Batam	16,21	287	46,5227
5	Tanjung Pinang	9,75	52	5,07
6	Bangka	8,15	128	10,432
7	Belitung	-14,9	35	-5,215
8	Jawa-Bali	1,74	23325	405,855
9	Kalimantan Barat	-8	362	-28,96
10	Kalimantan Timur	-1,04	459	-4,7736
11	Kalimantan Selatan-Tengah	-9,15	504	-46,116
12	Lombok	-17,35	204	-35,394
13	Palu	2,21	101	2,2321
14	Sulawesi Selatan-Poso-Tentena	6,76	953	64,4228
15	Bima-Sumbawa	9,81	74	7,2594
16	Sulawesi Utara-Gorontalo	-22,94	307	-70,4258
17	Kendari	-22,38	69	-15,4422
18	Kupang	1,24	56	0,6944
19	Ternate-Maluku	8,33	92	7,6636
20	Ambon	27,7	52	14,404
21	NTT	7,97	88	7,0136
22	Jayapura	-4,28	69	-2,9532

Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (28 Oktober 2015)

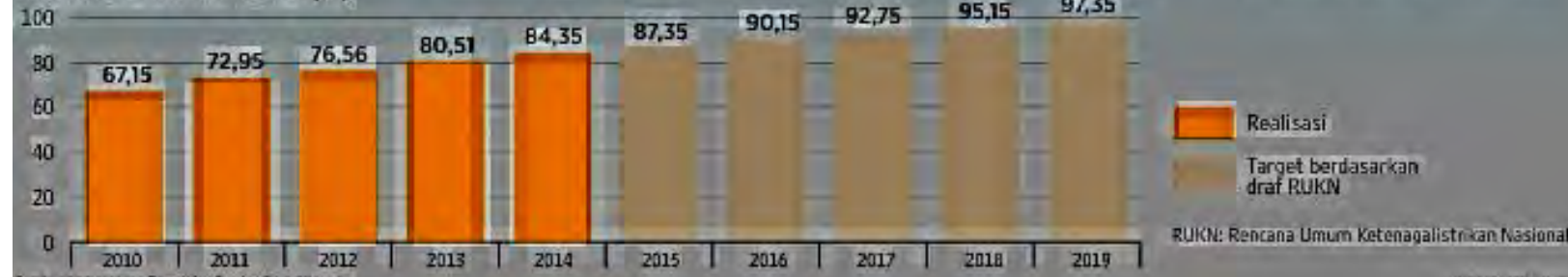
Defisit listrik terbesar = 140,9499 MW

KONDISI SISTEM KELISTRIKAN NASIONAL



Kondisi Per 28 Oktober 2015

RASIO ELEKTRIFIKASI (%)



Sumber: Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral

PENENTUAN UKURAN UTAMA

Data Kapal Pemandang

No	Nama kapal	Daya (MW)	L (m)	B (m)	H (m)	T (m)
1	Karadeniz Powership Zeynep Sultan	120	150,63	31,00	15,45	4,90
2	Karadeniz Powership Rauf Bey	200	233,76	32,20	18,70	13,60
3	Karadeniz Powership Kaya Bey	220	233,76	32,20	18,70	13,60
4	Karadeniz Powership İrem Sultan	110	140,08	29,04	5,31	4,43
5	Karadeniz Powership Dogan Bey	144	165,00	31,00	15,00	10,70

Ukuran Utama Kapal

$$\begin{aligned} \text{Daya} &= 141 \text{ MW} & v &= 9 \text{ knot} = 4,630 \text{ m/s} \\ \text{Panjang (L)} &= y = 0,9231x + 38,055 \Rightarrow 168,2 \text{ m} \\ \text{Lebar (B)} &= y = 0,0229x + 27,454 \Rightarrow 30,68 \text{ m} \\ \text{Tinggi (H)} &= y = 0,0874x + 0,7574 \Rightarrow 13,08 \text{ m} \\ \text{Sarat (T)} &= y = 0,0867x - 4,3235 \Rightarrow 7,901 \text{ m} \end{aligned}$$

Perbandingan Ukuran Utama

$$\begin{aligned} L/B &= 5,48 & 3,5 < L/B < 10 & \text{(PNA Vol. 1 hal. 19)} \\ L/H &= 12,86 & 8,12 < L/H < 15,48 & \text{(Ship Design for Efficiency and Economy hal.160)} \\ B/T &= 1,88 & 1,8 < B/T < 5 & \text{(PNA Vol. 1 hal. 19)} \\ B/H &= 2,35 & 1,47 < B/H < 2,38 & \text{(Ship Design for Efficiency and Economy hal.160)} \\ L/T &= 21,29 & 10 < L/T < 30 & \text{(PNA Vol. 1 hal. 19)} \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien

1 Koefisien Blok

$$C_B = 0,71$$

4 Volume Displacement

$$V = 29956 \text{ m}^3$$

2 Koefisien Midship

$$C_M = 0,99$$

5 Displacement

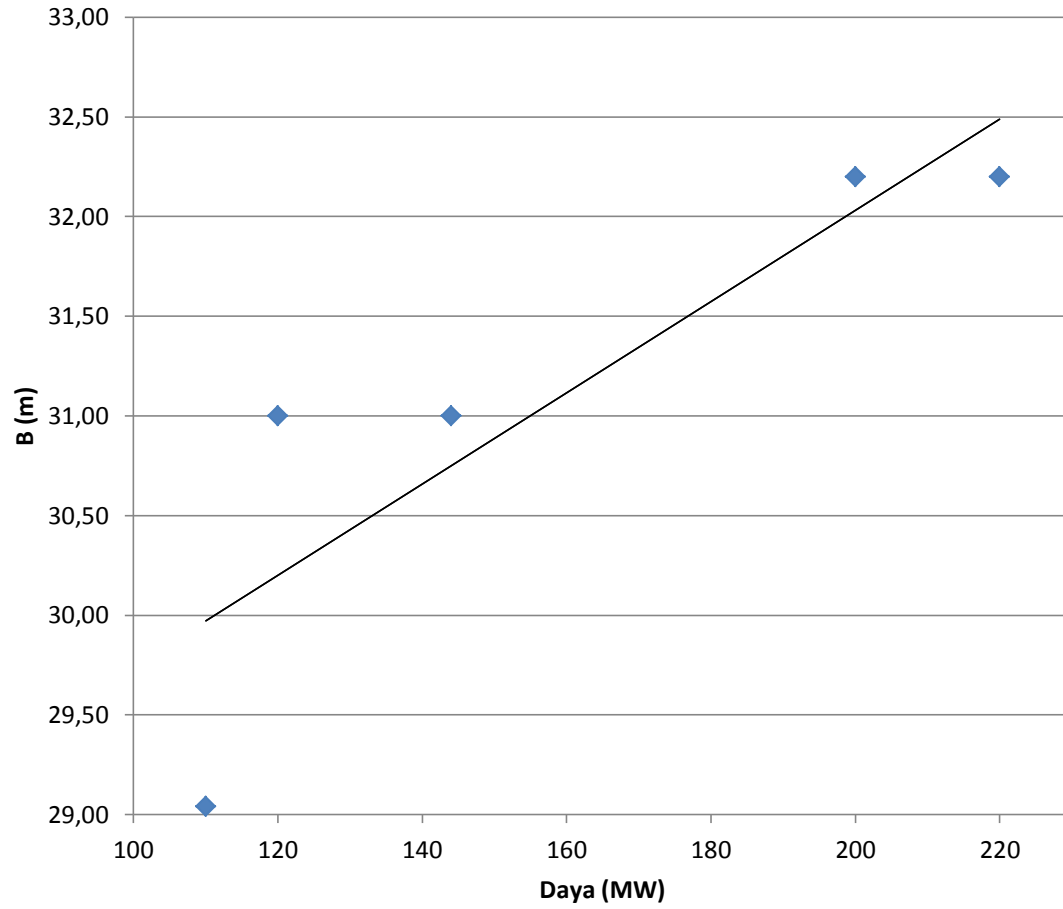
$$\Delta = 30704,9 \text{ ton}$$

3 Koefisien Prismatic

$$C_P = \frac{C_B}{C_M}$$

$$= 0,72$$

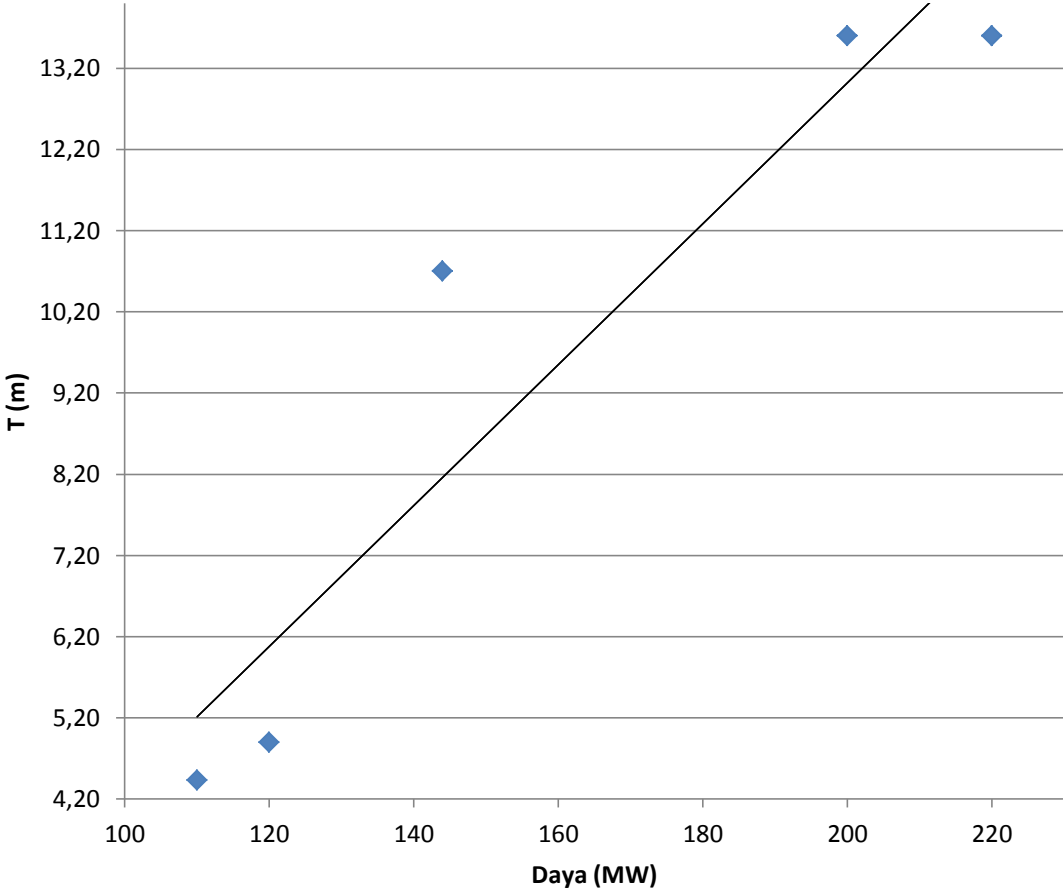
Perbandingan Daya - B



$y = 0,0229x + 27,454$
 $R^2 = 0,7483$

- ◆ Perbandingan Daya - B
- Linear (Perbandingan Daya - B)

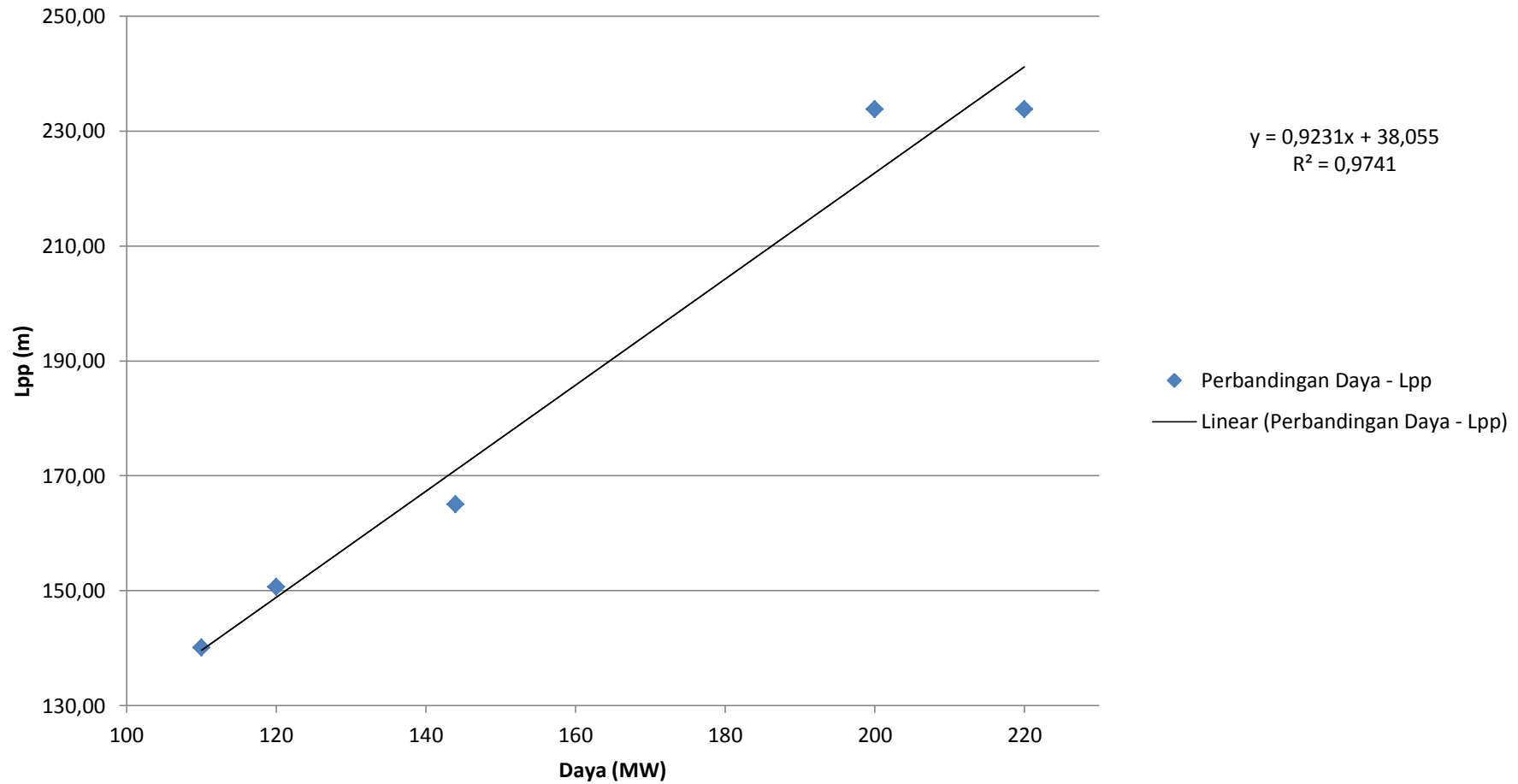
Perbandingan Daya - T



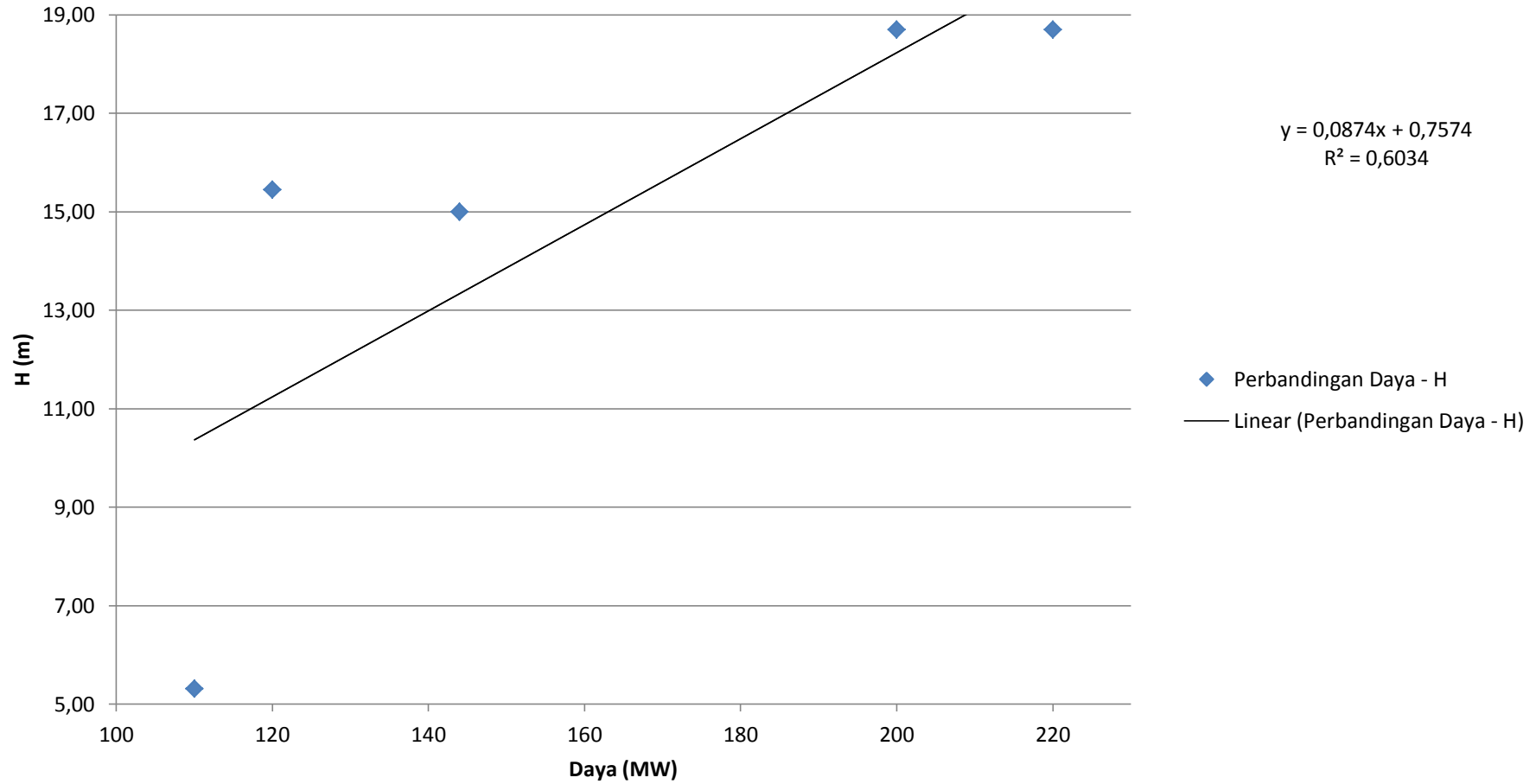
$y = 0,0867x - 4,3235$
 $R^2 = 0,8765$

- ◆ Perbandingan Daya - T
- Linear (Perbandingan Daya - T)

Perbandingan Daya - Lpp



Perbandingan Daya - H



Koreksi Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

$$\begin{aligned} L_{PP} &= 168,21210 \text{ m} \\ B &= 30,683 \text{ m} \\ H &= 13,081 \text{ m} \\ T &= 7,901 \text{ m} \\ V_S &= 9,0 \text{ knot} \\ &= 4,630 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Panjang Garis Air

$$\begin{aligned} L_{WL} &= 104\% \cdot L_{PP} \\ &= 174,9 \text{ m} \end{aligned}$$

Perhitungan Froude Number

$$\begin{aligned} Fn &= \frac{V_S}{\sqrt{g \cdot L_{PP}}} \quad ; g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\ &= 0,114 \quad , \text{Principle of Naval Architecture Vol.II hlm.154} \end{aligned}$$

Perbandingan Ukuran Utama

$$\begin{aligned} L/B &= 5,482 & B/H &= 2,346 \\ B/T &= 3,883 & L/H &= 12,8594658 \\ L/T &= 21,289 \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

Parametric Ship Design hal. 11

$$\begin{aligned} C_B &= 0,7 + 0,125 \cdot \text{ATAN}((23 - 100 \cdot Fn)/4) \\ &= 0,706 \end{aligned}$$

2. Koefisien Midship (Series '60)

Parametric Ship Design hal. 11 - 12

$$\begin{aligned} C_M &= 0,977 + 0,085 \cdot (C_B - 0,6) \\ &= 0,986 \end{aligned}$$

3. Koefisien Prismatic

$$\begin{aligned} C_P &= \frac{C_B}{C_M} \\ &= 0,716 \end{aligned}$$

4. Koefisien Bidang Garis Air (twin screw, transom stern) c. LCB dari AP

Parametric Ship Design hal. 11 - 16

$$\begin{aligned} C_{WP} &= 0,262 + 0,81 C_P \\ &= 0,842 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCB} &= 0,5 \cdot L_{PP} + \text{LCB}_M \\ &= 90,450 \text{ m dari AP} \end{aligned}$$

7. Volume Displasemen

$$\begin{aligned} \nabla &= L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B \\ &= 29955,978 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

8. Displasemen

$$\begin{aligned} \rho &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \\ \Delta &= \nabla \cdot \rho \\ &= 30704,878 \text{ ton} \end{aligned}$$

6. Longitudinal Center of Bouyancy

Parametric design halaman 11-19

a. LCB (%)

$$\begin{aligned} \text{LCB} &= 9,7 - 45 \cdot Fn - 0,8 \quad , \text{Harvald} \\ &= 3,771 \% L_{PP} \end{aligned}$$

b. LCB dari M

$$\begin{aligned} \text{LCB} &= \frac{\text{LCB} (\%)}{100} \cdot L_{PP} \\ &= 6,344 \text{ m dari M} \end{aligned}$$

Perhitungan Hambatan

Holtrop & Mennen Method. Refrensi: Principle of Naval Architecture Vol. II

Ukuran Utama

Length Perpendicular (L_{PP})	=	168,21 m
Length Water Line (L_{WL})	=	174,94 m
Breadth (B)	=	30,68 m
Height (H)	=	13,08 m
Draught (T)	=	7,90 m
Koefisien Blok (C_B)	=	0,71
Koefisien Midship (C_M)	=	0,99
Koefisien Prismatic (C_P)	=	0,72
Koefisien Bidang Garis Air (C_V)	=	0,84
Froude Number (F_n)	=	0,11
C_{stern}	=	0,00 ; Normal section shape
Service Speed (V_S)	=	4,63 m/s

Perhitungan

1. Viscous Resistance

⊙ C_{FO} (Koefisien Gesek) ITTC 1957 ; *Principle of Naval Architecture Vol II hal 13*

$$\begin{aligned} \text{Angka Reynold (Rn)} &= \frac{L_{WL} \cdot V_S}{1.18831 \cdot 10^{-6}} \\ &= 681560306,4 \\ \text{Koefisien Gesek (C}_{FO}\text{)} &= \frac{0.075}{(\text{Log Rn} - 2)^2} \\ &= 0,001606 \end{aligned}$$

⊙ Harga $1+k_1$ (*form factor of bare hull*) ; *Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 91*

$$\begin{aligned} C &= 1 + (0.11 \cdot C_{stern}) && ; C_{stern} = 0; \text{ karena Afterbody} \\ &= 1 && \text{ normal section shape} \\ L_R/L &= \frac{(1 - C_P) + (0.06 \cdot C_P \cdot LCB)}{(4 \cdot C_P) - 1} \\ &= 5,429 \\ L_{WL}^3 / \nabla &= \frac{L_{WL}^3}{L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B} \\ &= 178,726 \\ 1+k_1 &= 0.93 + 0.487 \cdot C \cdot \left(\frac{B}{L_{PP}}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L_{PP}}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L_{WL}^3}{\nabla}\right)^{0.3649} \\ &\quad \cdot (1 - C_P)^{-0.6042} \\ &= 1,153 \end{aligned}$$

2. Resistance of Appendages

● Wetted Surface Area

$$A_{BT} = 0 \quad ; \text{ tanpa bulbous bow}$$

$$\text{Wetted surface area (S)} = L_{WL} \cdot (2 \cdot T + B) \cdot \sqrt{C_M} \cdot (0.453 + 0.4425 \cdot C_B - 0.2862 \cdot C_M - 0.003467 \cdot \frac{B}{T} + 0.3696 \cdot C_{WP} + 2.38 \cdot \frac{A_{BT}}{C_B})$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$= 6308,069$$

$$S_{rudder} = 2 \cdot (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot 1.75 \cdot L_{PP} \cdot \frac{T}{100})$$

BKI Vol. II hal 14-1

C_1 = Factor for the ship thype = 1 (in general ship)

C_2 = Factor for the rudder thype = 1 (in general rudder)

C_3 = Factor for the rudder profile = 1 (for NACA-profiles & plate)

C_4 = Factor for the rudder arrangement = 1 (for rudder in the propeller)

$$= 46,518$$

$$S_{bilgekeel} = 4 \cdot (0.6 \cdot C_B \cdot L_{WL}) \cdot \left(\frac{0.18}{C_B - 0.2} \right)$$

$$= 105,427$$

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilgekeel}$$

$$= 151,944$$

$$S_{total} = S + S_{app}$$

$$= 6460,013$$

$$1 + k_2 = \frac{2 \cdot S_{rudder} + 1.4 \cdot S_{bilgekeel}}{S_{rudder} + S_{bilgekeel}}$$

$$= 1,584$$

$$1 + k = (1 + k_1) + ((1 + k_2) - (1 + k_1)) \cdot \frac{S_{app}}{S_{total}}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= 1,163$$

3. Wave Making Resistance

● C_1

$$B/L_{WL} = 0,175$$

$$C_4 = 0,175 \quad ; 0.11 < B/L_{WL} \leq 0.25$$

$$\text{Sarat moulded di AP (T}_a\text{)} = 7,901 \quad \text{m}$$

$$\text{Sarat moulded di FP (T}_f\text{)} = 7,901 \quad \text{m}$$

$$i_E = 125.67 \cdot \frac{B}{L_{WL}} - 162.25 \cdot C_P^2 + 234.32 \cdot C_P^3 + 0.1551 \cdot [LCB_{AP} + (6.8 \cdot \frac{T_a - T_f}{T})^3]$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93

$$= 38,943$$

$$d = -0,9 \quad ; \text{ Principle of Naval Architecture}$$

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

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= 3,154$$

● m_1

$$\sqrt[3]{\bar{v}}/L_{WL} = 0,178$$

$$C_5 = 1,7301 - 0,7067 \cdot C_P$$

untuk $C_P < 0.8$

$$= 1,239$$

$$m_1 = 0.01404 \cdot \frac{L_{WL}}{T} - 1.7525 \cdot \frac{\sqrt[3]{\bar{v}}}{L_{WL}} - 4.7932 \cdot \left(\frac{B}{L_{WL}}\right) - C_5$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= -2,080$$

$$\lambda = 1.446 \cdot C_P - 0.03 \cdot \frac{L}{B} \quad ; \text{ untuk } L/B \leq 12$$

$$= 0,865$$

● m_2 ; *Principle of Naval Architecture Vol II hal 92*

$$C_6 = -1,69385 \quad ; \text{ untuk } L_{WL}^3/V \leq 512 \quad (L_{WL}^3)/V = 178,726$$

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

$$= 0,000$$

● C_2 ; *Principle of Naval Architecture Vol II hal 92*

$$C_2 = 1 \quad ; \text{ Karena tidak ada bulb}$$

$$A_T = 0 \quad ; \text{ transom tidak tercelup air}$$

$$\begin{aligned} \text{● } C_3 &= 1 - \frac{0.8 \cdot A_T}{B \cdot T \cdot C_M} \quad \text{Principle of Naval Architecture Vol II hal 92} \\ &= 1 \end{aligned}$$

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

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= 1,3153E-06$$

$$\text{● } C_A = 0.006 \cdot (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad ; \text{ Tf/Lwl} < 0,04$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93

$$\text{Tf/Lwl} =$$

$$0,045165049$$

$$= 0,00039272$$

$$\begin{aligned} \text{● } W \text{ (Gaya Berat)} &= \Delta \cdot g \\ &= 301214,849 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{● } R_{\text{total}} &= 0.5 \cdot 1025 \cdot V_S^2 \cdot S_{\text{total}} \cdot (C_{FO} \cdot (1 + k) + C_A + \left(\frac{R_W}{W} \cdot W\right)) \\ &= 160463,692 \text{ N} \\ &= 160,464 \text{ kN} \end{aligned}$$

X% = Koreksi daerah pelayaran wilayah Asia Timur antara 15%-20% DHP

X% = 15% (*Parametric Design Chapter 11, hal 11-29*)

● $R_{\text{total}} + \text{Margin } 15\% R_{\text{total}}$

$$= 184,533 \text{ kN}$$

Grafik Hubungan antara Froude Number dan Koefisien Blok untuk menentukan perlu atau tidaknya pemakaian Bulbous Bow

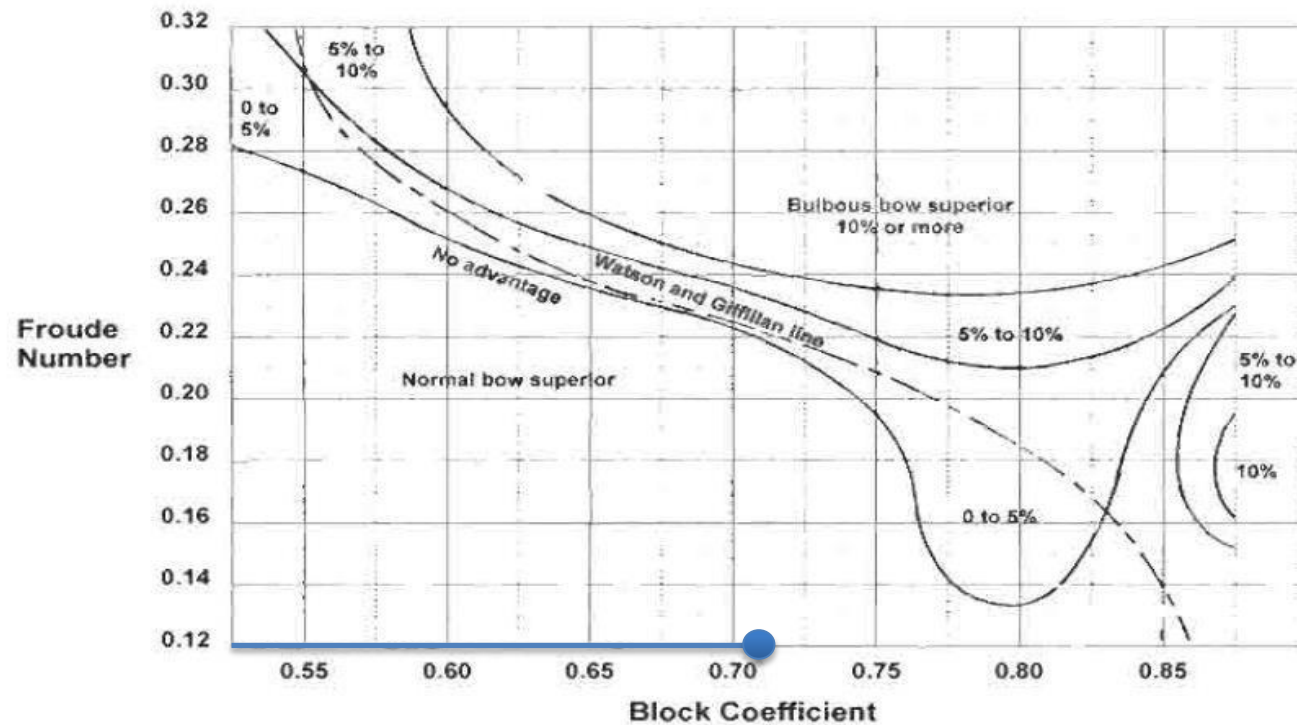


Fig. 8.1. The combination of Froude number and block coefficient at which a bulbous bow is likely to be advantageous.

Practical Ship Design hal. 233

$$F_n = 0,114$$

$$C_B = 0,706$$

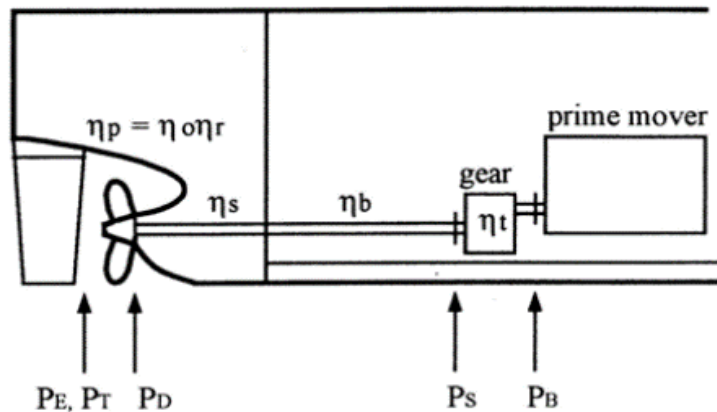
Dari grafik dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bulbous bow, hanya mengurangi 0-5% hambatan kapal oleh karena itu penggunaan bulbous bow pada kapal ini tidak direkomendasikan.

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

Length Water Line (L_{wl})	=	174,941 m	
Draught (T)	=	7,901 m	
Koefisien Block (C_B)	=	0,706	
R_T	=	184,533 kN	
Diameter Propeller (D)	=	5,136 m	; Diameter (0.65 . T)
Putaran Propeller (n_{rpm})	=	300 rpm	
Putaran Propeller (n_{rps})	=	5 rps	
Pitch ratio (P/D)	=	1	; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
Jumlah Blade Propeller (z)	=	4 blade	; Jumlah Blade
A_E/A_0	=	0,4	; Expanded Area Ratio

Distribusi Tenaga :



Perhitungan Awal

$$1+k = 1,16344$$

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$$

$$= 0,00161$$

$$C_A = 0,0004$$

$$C_V = (1+k) \cdot C_F + C_A$$

$$= 0,00226$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 163

$$\omega \text{ (Wake Friction)} = 0.3095 \cdot C_B + 10 \cdot C_V \cdot C_B - 0.23 \frac{D}{\sqrt{BT}} \quad ; \text{ for twin screw}$$

$$= 0,159$$

$$t = 0.325 \cdot C_B - 0,1885 \frac{D}{\sqrt{BT}} \quad ; \text{ for twin screw}$$

$$= 0,167$$

$$V_a = \text{Speed of Advance}$$

$$= V_S \cdot (1 - w)$$

$$= 3,895$$

Effective Horse Power (EHP)

$$\begin{aligned} P_E &= R_T \cdot V_S \\ &= 854,315 \quad \text{kW} \end{aligned}$$

Thrust Horse Power

$$\begin{aligned} P_T &= P_E \cdot \frac{(1-w)}{(1-t)} \\ &= 863,205 \text{ kW} \end{aligned}$$

Propulsive Coefficient Calculation

$$\begin{aligned} \eta_H &= \text{Hull Efficiency} \\ &= \frac{(1-t)}{(1-w)} \\ &= 0,990 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_O &= \text{Open Water Test Propeller Efficiency} \\ &= \left(\frac{J}{2 \cdot n} \right) \cdot \left(\frac{KT}{KQ} \right) \quad ; \text{ Wageningen B-Series} \\ &= 0,46475 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_r &= 0,9737 + 0,111(C_p - 0,0225LCB) + (-0,06325 P/D) \quad ; \text{ (relative rotative) for twin screw} \\ &= 0,8519808 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_D &= \text{Quasi-Propulsive Coefficient} \\ &= \eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_r \\ &= 0,3918801 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_D &= \text{Delivered Power at Propeller} \\ &= \frac{P_E}{\eta_D} \\ &= 2180,0422 \text{ kW} \end{aligned}$$

Shaft Horse Power

$$\begin{aligned} \eta_S &= \text{Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)} \\ &= 0,985 \quad ; \text{ untuk mesin di after} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_S &= \text{Shaft Power} \\ &= \frac{P_D}{\eta_S} \\ &= 2213,241 \text{ kW} \end{aligned}$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\begin{aligned}\eta_t &= 0,975 \\ \eta_B \eta_S &= 0,98 \quad ; \text{for machinery aft} \\ P_{B0\text{ SCR}} &= \text{Brake Horse Power (BHP}_0\text{)} \\ &= \frac{P_E}{\eta_H \eta_0 \eta_R \eta_S \eta_b \eta_t} \\ &= 2281,572 \text{ kW}\end{aligned}$$

Perhitungan koreksi P_B

$$\begin{aligned}\text{Letak Mesin} &= 3\% P_B \\ &= 68,447 \\ \text{Rute} &= 10\% P_B \\ &= 228,157 \\ \text{Total } P_B &= P_B + 3\% P_B + 10\% P_B \\ &= 2578,177 \text{ kW} \\ &= 2009,506 \cdot 1,34102 \quad \text{HP} \\ \text{Total BHP} &= 3457,386 \text{ HP}\end{aligned}$$

Karena Kapal PLTG menggunakan double screw maka besar BHP di bagi menjadi 2 buah :

$$\begin{aligned}\text{BHP} &= 1289,088 \text{ kW} \\ &= 1728,693 \text{ HP}\end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan = 1289,088 kW
(Menggunakan 2 mesin) 1728,693 HP

Spesifikasi Mesin Utama

Merk : MAN BW
Type : MAN 6L21/31
Daya Mesin : 1290 KW
: 1753,884 HP

Dimensi Mesin :

> Panjang : 4,544 m
> Lebar : 1,695 m
> Tinggi : 3,113 m
Berat Mesin : 16 ton
Berat 2 Mesi : 32 ton
 n_{rpm} : 1000 rpm

MAN L21/31**Tier II Tier III**

Tier III with SCR

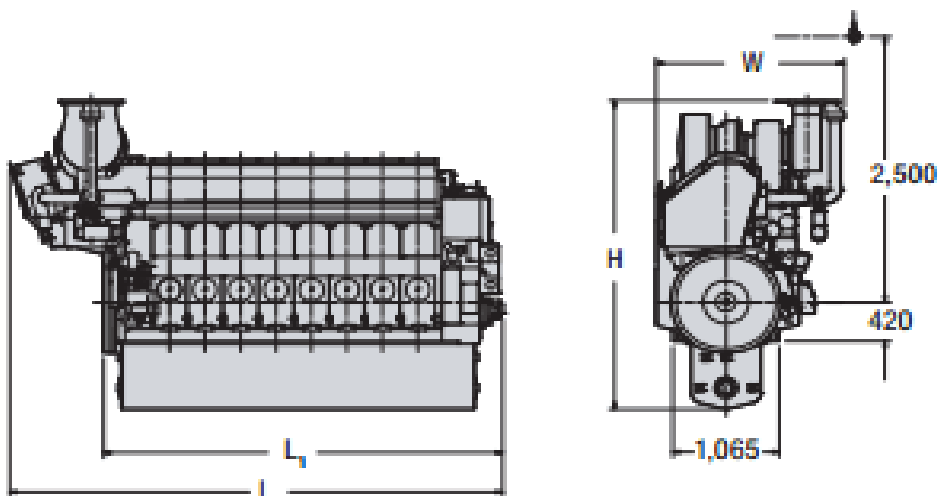
Bore: 210 mm, Stroke: 310 mm

Speed	r/min	1000
mep	bar	24.0
		kW
6L21/31		1,290
7L21/31		1,505
8L21/31		1,720
9L21/31		1,935

Dimensions

Cyl. No.		6	7	8	9
L	mm	4,544	4,899	5,254	5,609
L ₁	mm	3,424	3,779	4,134	4,489
H	mm	3,113	3,267	3,267	3,267
W	mm	1,895	1,895	1,820	1,820
Dry mass	t	16.0	17.5	19.0	20.5

Minimum centreline distance for twin engine installation: 2,400 mm



Perhitungan Berat Permesinan

H Schneekluth; Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

$$D = \text{Diameter Propeler} \\ = 5,136 \text{ m}$$

$$n_{rpm} = 1000 \text{ rpm} \quad ; \text{ Putaran mesin induk}$$

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

$$A_E/A_O = 0,4$$

$$P_D = \text{Delivered Power at Propeller} \\ = 2180,042 \text{ kW}$$

$$P_B = \text{Brake Horse Power} \\ = 2578,177 \text{ kW}$$

$$W_e = \text{Berat Mesin Induk} \\ = 32 \text{ ton}$$

$$d_s = 0,948 \text{ m}$$

$$K = \text{Koefisien Fixed Propeler} \\ = \left(0,18 \cdot \frac{A_E}{A_O} \right) - \left(\frac{z - 2}{100} \right) \\ = 0,052$$

$$W_{prop} = \text{Berat Propeler} \\ = 2 \cdot D^3 \cdot K \\ = 14,088 \text{ ton}$$

$$W_{proptotal} = W_{gear} + M_s + W_{prop} \\ = 20,781 \text{ ton}$$

Unit Propulsi (*Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm 182*)

$$W_{gear} = \text{Berat Gear Box} \\ = 2 \cdot (0,34 \sim 0,4) \cdot \frac{P_D}{n} \\ = 2,063 \text{ ton}$$

$$l = 17 \text{ m} \quad , \text{ dari GA}$$

$$M_s/l = 0,081 \cdot \left(\frac{P_D}{n_{rpm}} \right)^{\frac{2}{3}} \\ = 0,136 \text{ ton/m}$$

$$M_s = \text{Berat Poros Propeler} \\ = 2 \cdot \frac{M_s}{l} \cdot l = 4,630 \text{ ton}$$

Lain - Lain : ; Contoh: Berat pump, pipes, cables, stair, platform, compressor, dll

$$W_{ot} = (0,04 \sim 0,07) \cdot P_B \\ = 180,47236 \text{ ton}$$

Berat Total Permesinan

$$W_{total} = W_e + W_{proptotal} + W_{ot} \\ = 233,253 \text{ ton}$$

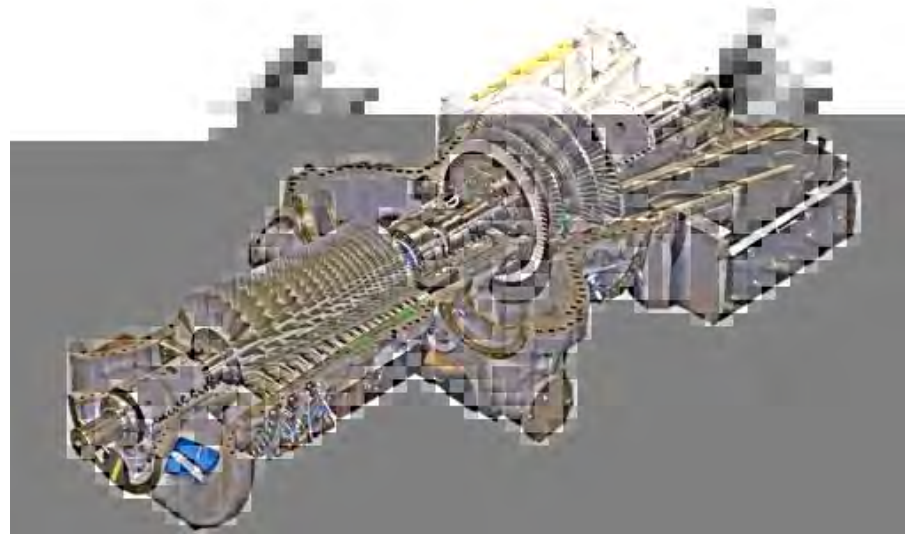
Titik Berat Machinery :

Chapter 11 Parametric design, page 11-25

$$\begin{aligned}h_{db} &= \text{Tinggi Double bottom} \\ &= 1,708 \quad ; h_{min} = 1 \text{ m} \quad (\text{BKI rules for hull volume II, Section 24 pg. 24-2}) \\ KG &= h_{db} + 0.35 \cdot (H - h_{db}) \\ &= 5,689 \text{ m} \\ Lcb &= \text{dari gambar} \\ &= 9,000 \text{ m} \\ LCG_{FP} &= L_{WL} - LCB - 5 \\ &= 154,212 \text{ m} \\ LCG_M &= - (LCG_{FP} - 0.5 \cdot L_{PP}) \\ &= -70,10605 \text{ m} \quad \text{dari midship}\end{aligned}$$

Spesifikasi Gas Turbine

Merk	:	Mitsubishi Hitachi Power System
Type	:	H-50 Series Gas Turbine
Daya	:	57,4 MW
LHV Heat Rate	:	9508 kJ/kW-hr
Dimensi Turbin :		
> Panjang	:	8,4 m
> Lebar	:	3,8 m
> Tinggi	:	3,9 m
Berat Gas Turbin	:	145 ton
Starting time	:	70 menit



Spesifikasi Steam Turbine

Merk	:	Siemens
Type	:	SST-300 Industrial Steam Turbine
Daya	:	30 MW
Heat Rate	:	9,296 BTU/kW-hr
Dimensi Turbin :		
> Panjang	:	21 m
> Lebar	:	11,5 m
> Tinggi	:	7,5 m
Berat Steam Turbin	:	125 ton



No	Mesin	Jumlah	Berat (ton)	Berat Total	KG (m)	LCG (m) dari midship
1	Gas Turbine + base	4	170	680	4,597	1,153
2	Lube oil tank, starting means and auxiliaries	6	40	240	5,653	5,620
3	Generator	6	155	930	6,711	-3,534
4	Reduction Gear	4	25	100	4,597	1,153
4	Air intake system	4	68	272	4,597	1,131
5	Exhaust system	4	22	88	13,410	2,028
6	Gas valve compartment	4	5	20	3,978	1,153
7	Steam Turbine	2	125	250	10,939	-11,362
8	Heat Recovery Steam Generator (HRSG)	4	150	600	12,572	2,028
Wtotal				3180		

Titik berat *Power Plant*

$$\begin{aligned}
 \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4 + W_5 \cdot x_5 + W_6 \cdot x_6 + W_7 \cdot x_7 + W_8 \cdot x_8}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8} \\
 &= \mathbf{-0,676978428 \text{ m}} \quad \text{dari midship}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_4 \cdot y_4 + W_5 \cdot y_5 + W_6 \cdot y_6 + W_7 \cdot y_7 + W_8 \cdot y_8}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8} \\
 &= \mathbf{7,538036855 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Gas Turbine + base

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	170	-32,370	4,5965	1,611
2	170	-10,021	4,5965	1,611
3	170	12,328	4,5965	1,611
4	170	34,677	4,5965	1,611

Titik Berat Gas Turbine + base

$$\begin{aligned}
 \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \\
 &= \mathbf{1,1533 \text{ m}} \quad \text{dari midship} \\
 \text{KG} &= 4,5965 \\
 \text{Z} &= 1,611
 \end{aligned}$$

Generator

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	155	-33,153	4,5965	-5,960
2	155	-10,804	4,5965	-5,960
3	155	11,545	4,5965	-5,960
4	155	33,893	4,5965	-5,960
5	155	-22,547	10,9394	-0,454
6	155	-0,139	10,9394	-0,454

Titik Berat Generator

$$\begin{aligned}
 \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4 + W_5 \cdot x_5 + W_6 \cdot x_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} & \frac{W_1 \cdot z_1 + W_2 \cdot z_2 + W_3 \cdot z_3 + W_4 \cdot z_4 + W_5 \cdot z_5 + W_6 \cdot z_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{-3,534216667 \text{ m}} \quad \text{dari midship} & = \mathbf{-4,1244333 \text{ m}} \\
 \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_4 \cdot y_4 + W_5 \cdot y_5 + W_6 \cdot y_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{6,7108 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Steam Turbine

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	125	-22,565	10,9394	-5,962
2	125	-0,158	10,9394	-5,962

Titik Berat Steam Turbine

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2}{W_1 + W_2}$$

$$= \frac{-22,565 \cdot 125 + (-0,158) \cdot 125}{125 + 125} = -11,36155 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

$$KG = 10,9394$$

$$Z = -5,962$$

Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	150	-31,543	12,5721	-4,551
2	150	-9,136	12,5721	-4,551
3	150	13,213	12,5721	-4,551
4	150	35,577	12,5721	-4,551

Titik Berat HRSG

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

$$= \frac{-31,543 \cdot 150 + (-9,136) \cdot 150 + 13,213 \cdot 150 + 35,577 \cdot 150}{150 + 150 + 150 + 150} = 2,02785 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

$$\frac{z_5 + W_6 \cdot z_6}{5}$$

$$KG = 12,5721$$

$$Z = -4,551$$

Exhaust system

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	22	-31,543	13,4099	-11,363
2	22	-9,136	13,4099	-11,363
3	22	13,213	13,4099	-11,363
4	22	35,577	13,4099	-11,363

Titik Berat Exhaust System

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

$$= \frac{-31,543 \cdot 22 + (-9,136) \cdot 22 + 13,213 \cdot 22 + 35,577 \cdot 22}{22 + 22 + 22 + 22} = 2,02785 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

$$KG = 13,4099$$

$$Z = -11,363$$

Air intake system

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	68	-32,392	4,5965	5,714
2	68	-10,043	4,5965	5,714
3	68	12,306	4,5965	5,714
4	68	34,655	4,5965	5,714

Titik Berat Air Intake System

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

$$= \frac{-32,392 \cdot 68 + (-10,043) \cdot 68 + 12,306 \cdot 68 + 34,655 \cdot 68}{68 + 68 + 68 + 68} = 1,1314 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

$$KG = 4,5965$$

$$Z = 5,714$$

Lube oil tank, starting means and auxiliaries

No	Berat	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	40	-20,550	3,0949	-6,531
2	40	1,799	3,0949	-6,531
3	40	24,148	3,0949	-6,531
4	40	46,497	3,0949	-6,531
5	40	-20,290	10,5973	7,356
6	40	2,118	10,9394	7,356

Titik Berat Lube oil tank, starting means, ad auxiliaries

$$\begin{aligned}
 \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4 + W_5 \cdot x_5 + W_6 \cdot x_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{5,620316667 \text{ m}} \quad \text{dari midship}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_4 \cdot y_4 + W_5 \cdot y_5 + W_6 \cdot y_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{5,652716667 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot z_1 + W_2 \cdot z_2 + W_3 \cdot z_3 + W_4 \cdot z_4 + W_5 \cdot z_5 + W_6 \cdot z_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{-1,902266667 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Reduction Gear

No	Berat	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	25	-32,370	4,5965	-2,608
2	25	-10,021	4,5965	-2,608
3	25	12,328	4,5965	-2,608
4	25	34,677	4,5965	-2,608

Titik Berat Reduction Gear

$$\begin{aligned}
 \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \\
 &= \mathbf{1,1533 \text{ m}} \quad \text{dari midship}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KG} &= 4,5965 \\
 \text{Z} &= -2,608
 \end{aligned}$$

Gas valve compartment

No	Berat	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	5	-32,370	3,9781	3,581
2	5	-10,021	3,9781	3,581
3	5	12,328	3,9781	3,581
4	5	34,677	3,9781	3,581

Titik Berat Gas Valve Compartment

$$\begin{aligned}
 \text{LCC} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \\
 &= \mathbf{1,1533 \text{ m}} \quad \text{dari midship}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KG} &= 3,9781 \\
 \text{Z} &= 3,581
 \end{aligned}$$

Perhitungan Berat Baja *Harvald & Jensen Method (1992)*

Referensi

Schneecluth Hal. 154

No.	Type kapal	CSO
1	Bulk carriers	0,07
2	Cargo ship (1 deck)	0,07
3	Cargo ship (2 decks)	0,076
4	Cargo ship (3 decks)	0,082
5	Passenger ship	0,058
6	Product carriers	0,0664
7	Reefers	0,0609
8	Rescue vessel	0,0232
9	Support vessels	0,0974
10	Tanker	0,0752
11	Train ferries	0,65
12	Tugs	0,0892
13	VLCC	0,0645

Koefisien titik berat

No.	Type kapal	C _{KG}
1	Passanger ship	0.67 – 0.72
2	Large cargo ship	0.58 – 0.64
3	Small cargo ship	0.60 – 0.80
4	Bulk carrier	0.55 – 0.58
5	Tankers	0.52 – 0.54

Input Data

Panjang Kapal (L)	=	168,2 m
Lebar Kapal (B)	=	30,7 m
Tinggi Kapal (H)	=	13,0808 m

Volume Deck House (V_{DH})

1. Volume Deck House 1 (V_{DH1})

Panjang Deck House 1 (ℓ_{DH1}) = 16,000 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 1 (b_{DH1}) = 27 m

Tinggi Deck House 1 (t_{DH1}) = 2,6 m

Volume Deck House 1 (V_{DH1}) = $\ell_{DH1} \cdot b_{DH1} \cdot t_{DH1}$
= 1123,2 m³

2. Volume Deck House 2 (V_{DH2})

Panjang Deck House 2 (ℓ_{DH2}) = 16,000 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 2 (b_{DH2}) = 27 m

Tinggi Deck House 2 (t_{DH2}) = 2,6 m

Volume Deck House 2 (V_{DH2}) = $\ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2}$
= 1123,2 m³

3. Volume Anjungan (V_{DH4})

Panjang Deck House 4 (ℓ_{DH4}) = 10,000 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 4 (b_{DH4}) = 21 m

Tinggi Deck House 4 (t_{DH4}) = 2,6 m

Volume Deck House 4 (V_{DH4}) = $\ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3}$
= 546 m³

Volume Deck House

$$\begin{aligned} V_{DH} &= V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} \\ &= 2792,4000 \quad \text{m}^3 \end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})

$$\begin{aligned} DA &= \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House} \\ &= H + \frac{V_A + V_{DH}}{L_{PP} \cdot B} \\ &= 13,7290 \quad \text{m} \\ C_{SO} &= 0,0645 \text{ t/m}^3 \\ D &= \text{Berat Kapal} \\ &= 30704,87753 \text{ ton} \\ U &= \log \frac{\Delta}{100} \\ &= 2,4872 \\ C_S &= C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})} \\ &= 0,1379 \end{aligned}$$

Titik Berat Baja (*Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.150*)

$$\begin{aligned} C_{KG} &= \text{Koefisien KG Baja (large cargo ship)} \\ &= 0,58 \\ KG &= DA \cdot C_{KG} \\ &= 7,963 \quad \text{m} \end{aligned}$$

Parametric Design Chapter 11, Hlm.25

$$\begin{aligned} LCG_{(\%) } &= -0,15 + LCB(\%) \\ &= 3,621 \quad \% L \\ LCG_M &= LCB(\%) \cdot L_{PP} \\ &= 6,092 \quad \text{m} \\ LCG_{FP} &= 0.5 \cdot L_{PP} - LCG_M \\ &= 78,014 \text{ m} \end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{ST} &= L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 9774,5137 \text{ ton} \end{aligned}$$

Volume Superstructure (V_{ss})

1. Volume Forecastle (V_{DH1})

Panjang Deck House 1 (ℓ_{DH1}) = 18,708 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 1 (b_{DH1}) = 21,7772 m

Tinggi Deck House 1 (t_{DH1}) = 2,4 m

Luas Area = 231 m ; bantuan autoCAD

Volume Deck House 1 (V_{DH1}) = Luas Area . T

= 553,234 m³

VA = 553,234 m³

Perhitungan *Consumable* dan Kru

Input Data

L	=	168,212 m
B	=	30,683 m
H	=	13,081 m
T	=	7,901 m
S/V	=	12,000 hari
	=	288,000 jam

Jumlah & Berat Crew

Crew	=	24 orang, referensi dari kapal MVPP Zeynep Sultan
$C_{C\&E}$	=	0,17 ton/orang ; Ref: <i>Parametric design chapter 11, p11-25</i>
$W_{C\&E}$	=	Berat Kru Total
	=	$Z_c \cdot C_{c\&e}$
	=	4,08 ton

Marine Fuel Oil for Main Engine

SFR	=	Specific Fuel Rate
	=	0,00019 ton/kW h ; untuk Marine Fuel Oil
MCR	=	2580,000 kW = 3507,768 HP
Margin	=	10%
$W_{MFO'}$	=	$SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_S} \cdot (1 + Margin)$
	=	155,295 ton
W_{MFO}	=	$\frac{W_{FO'} + 4\% \cdot W_{FO'}}{\pi}$; Diktat IGM Santosa
	=	171,64224 ton ; Penambahan 2% untuk koreksi konstruksi dan 2% untuk koreksi ekspansi panas serta $\pi = 0.95$
W_{MFO}	=	169,912 ton ; dari Maxsurf Stability
Volume	=	mass/density , density MFO= 944,3 kg/m ³
	=	181,76664 m ³
V tangki	=	179,934 m ³ ; dari Maxsurf Stability

Lubricating Oil

SFR	=	0,000011 ton/kW h ; dari data mesin (diambil yang terbesar)
MCR	=	59980,000 kW
Margin	=	10% ; (5% ~ 10%)
$W_{LO'}$	=	$SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_S} \cdot (1 + Margin)$
	=	209,018304 ton
$W_{LO''}$	=	$\frac{W_{LO'} + 4\% \cdot W_{LO'}}{\pi}$; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas dan $\pi = 0.9$
	=	241,5322624 ton
$W_{LO''}$	=	248,522 ton ; dari Maxsurf Stability
$V_{LO''}$	=	262,5350678 m ³
V tangki	=	270,133 m ³ ; dari Maxsurf Stability

Fresh Water

C_{w1}	=	0,17 ton/orng hari ; Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru
	=	0,007083333 ton/orng hari ; Ref: <i>Parametric design chapter 11, p11-24</i>
C_{w2}	=	0,005 ton/HP ; Koef. air tawar untuk pendingin mesin
W_{FW1}	=	$C_{w1} \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c$
	=	48,96 ton
W_{FW2}	=	$C_{w2} \cdot BHP$ air
	=	70,15536 ton
	=	$W_{FW1} + W_{FW2}$
	=	119,11536 ton
	=	$W_{FW \text{ total}} + 2\% \cdot W_{FW \text{ total}}$; terdapat penambahan koreksi 5%
	=	125,071128 ton
Volume	=	mass/density
	=	density FW= 1000 kg/m ³
	=	125,071128 m ³

$$C_{w2} = 0,0005 \text{ ton/HP} \quad ; \text{ Koef. air tawar untuk pendingin gas turbine}$$

$$W_{FW2} = C_{w2} \cdot \text{BHP} \quad ; \text{ Berat air tawar untuk pendingin Gas Turbine}$$

$$= 39,02052 \text{ ton}$$

$$= W_{FW \text{ total}} + 2\% \cdot W_{FW \text{ total}} \quad ; \text{ terdapat penambahan koreksi 2\%}$$

$$= 39,80093 \text{ ton}$$

$$\text{Volume} = \text{mass/density}$$

$$= \mathbf{39,80093 \text{ m}^3}$$

$$W_{FW} = W_{FW1} + W_{FW2}$$

$$= 164,87206 \text{ ton}$$

$$W_{FW2} = 166,333 \text{ ton} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

$$\text{Volume} = 164,87206 \text{ m}^3$$

$$V \text{ tangki} = \mathbf{166,333 \text{ m}^3} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

Heavy Fuel Oil for Gas Turbine

$$\text{SFR} = \text{Specific Fuel Rate}$$

$$= 0,00034 \text{ ton/kW h} \quad ; \text{ dari Katalog}$$

$$\text{MCR} = 57,400 \text{ MW} = 57400 \text{ kW} = 78041,04 \text{ HP}$$

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

$$S/V = 52 \text{ jam}$$

$$W_{HFO'} = \text{SFR} \cdot \text{MCR} \cdot \frac{S}{V_s} \cdot (1 + \text{Margin})$$

$$= 1116,315 \text{ ton}$$

$$W_{HFO} = \frac{W_{FO'} + 4\% \cdot W_{FO'}}{\pi} \quad ; \text{ Diktat IGM Santosa}$$

$$= 1222,0714 \text{ ton} \quad \text{ dan } 2\% \text{ untuk koreksi ekspansi panas serta } \pi = 0.95$$

$$= 1236,624 \text{ ton} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

$$\text{Volume} = \text{mass/density} \quad , \text{ density MFO} = 1100 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1110,974 \text{ m}^3$$

$$V \text{ tangki} = 1124,204 \text{ m}^3$$

$$W_{\text{total}} = W_{\text{crew}} + W_{\text{MFO}} + W_{\text{LO}} + W_{\text{FW}} + W_{\text{HFO}}$$

$$= \mathbf{1825,471 \text{ ton}}$$

MARPOL Annex I- Regulations for the
Prevention of Pollution by Oil
Chapter 4 - Part A -Regulation 19

Harus ditambahkan Wing Tank untuk tanker dengan muatan lebih dari 600 ton

lebar Wing Tank diambil yang terkecil dari

$$w = 0.5 + \frac{DW}{20,000} \text{ (m)}$$

$$= 0,5558 \text{ m}$$

$$w = 2 \text{ m}$$

minimum $w = 1 \text{ m}$

Jadi, lebar Wing Tank = 1 m

Perencanaan Jumlah Kru

● Deck Department

Crew	Jumlah
Captain	1
Chief Officer	1
Seaman	3 ; 3 shift
Chief Cook	1
Assistant Cook	1
Total Jumlah	7

3

6

15

24

● Departemen Engineering

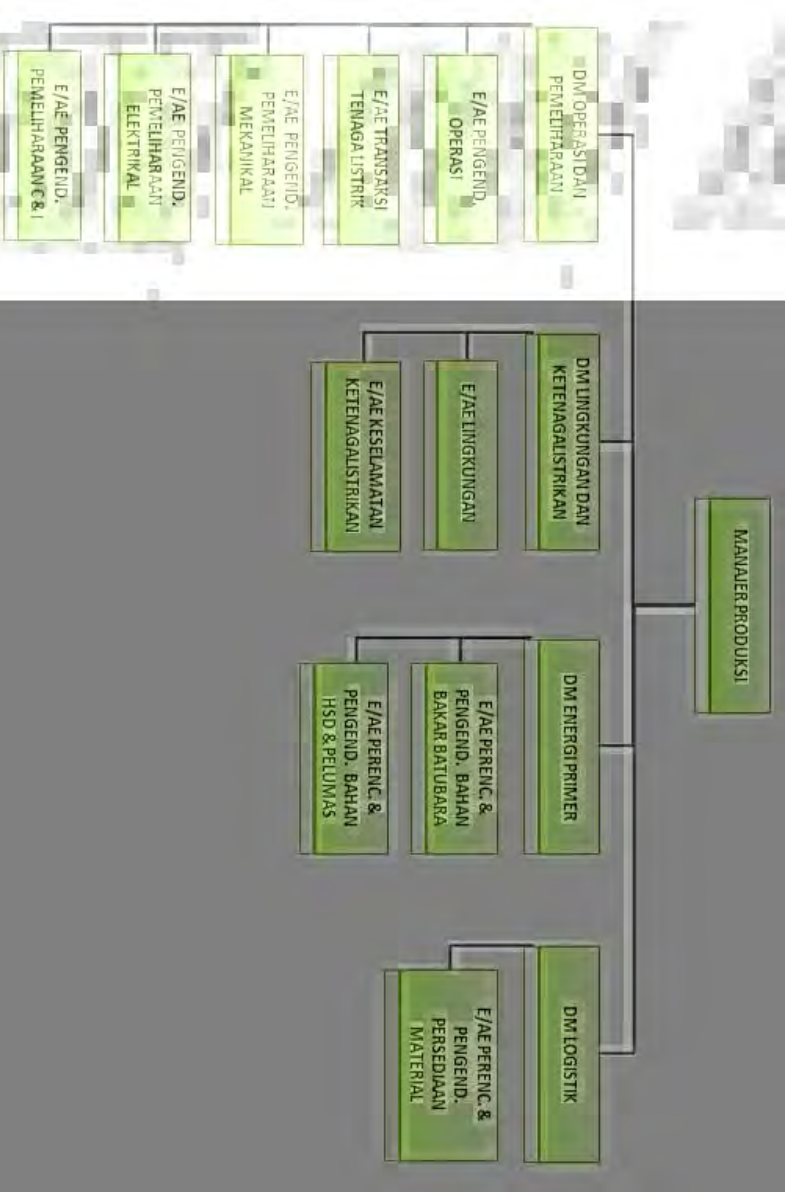
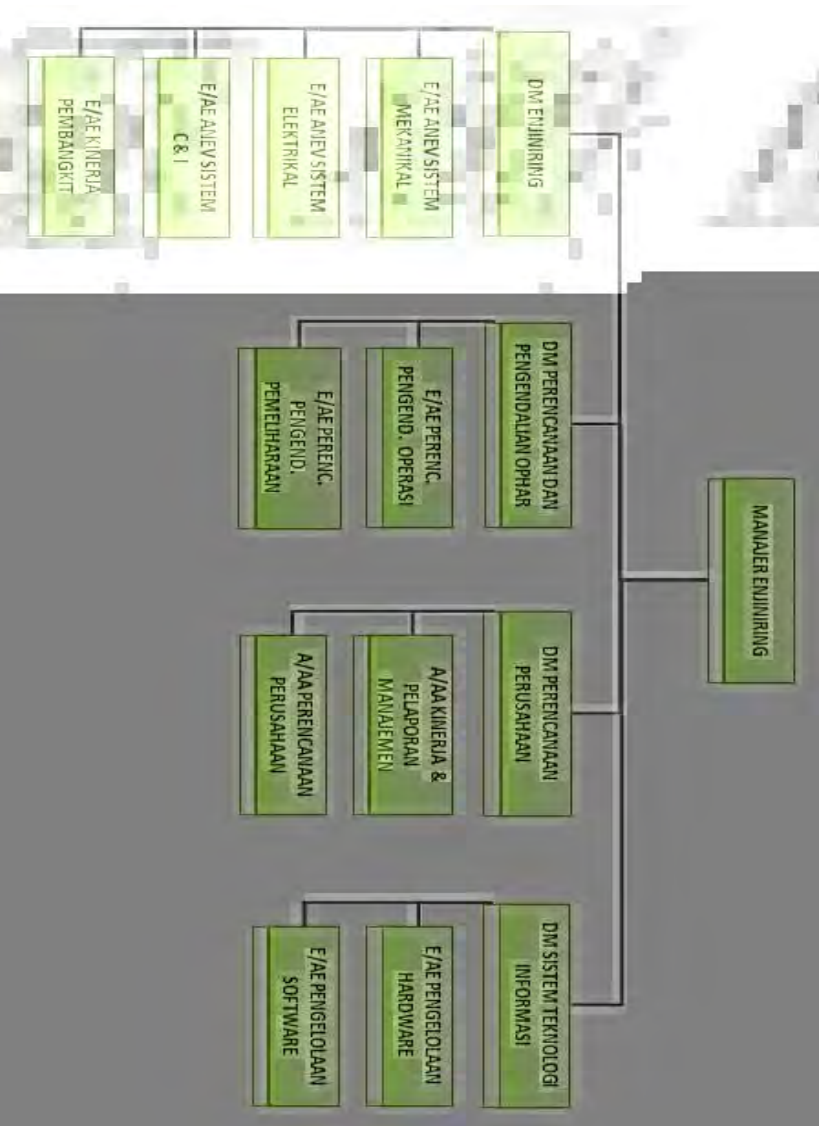
Crew	Jumlah
Manager Engineering	1
Eng. Sistem Mekanikal	3 ; 3 shift
Eng. Sistem Elektrikal	3 ; 3 shift
Eng. Sistem Kinerja Pembangkit	3 ; 3 shift
Perenc. Pengend. Operasi dan Pemeliharaan	1
Total Jumlah	11

● Departemen Produksi

Crew	Jumlah
Manager Produksi	1
Eng. Perenc. Pengend. Bahan Bakar dan Pelumas	3
Logistik	1
Eng. Keselamatan Ketenagalistrikan	1
Total Jumlah	6

● Jumlah Total Kru

24



Titik Berat Consumable

Titik Berat Air Tawar

◇KG	=	6,171 m	
◇ LCG	=	13,869 m	dari AP
◇ LCG	=	-61,131 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	166,333 m ³	

Titik Berat Fuel Oil

◇KG	=	9,48 m	
◇ LCG	=	13,584 m	dari AP
◇ LCG	=	-61,416 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	179,934 m ³	

Titik Berat Lubricating Oil

◇KG	=	9,309 m	
◇ LCG	=	13,115 m	dari AP
◇ LCG	=	-61,885 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	270,133 m ³	

Titik Berat HFO

◇KG	=	5,096 m	
◇ LCG	=	136,921 m	dari AP
◇ LCG	=	61,921 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	1124,204 m ³	

$$H = 16 \text{ m}$$

$$L_{pp} = 150 \text{ m}$$

Berat Kru Per Layer

$$W_{C\&E / \text{layer}} = \text{Jumlah kru per layer} \cdot \text{berat rata-rata kru}$$

$$W_{C\&E \text{ I}} = 2,55 \text{ ton}$$

$$W_{C\&E \text{ II}} = 1,02 \text{ ton}$$

$$W_{C\&E \text{ III}} = 0,51 \text{ ton}$$

$$W_{C\&E \text{ total}} = 4,08 \text{ ton}$$

Titik Berat Kru dan *Luggage*

KG		Titik Berat
◇ KG _I	= H - 0.5 h _p	KG _{C&E} =
	= 14,246 m	
◇ KG _{II}	= H + 0.5 · h _{II}	= 15,71625 m
	= 17,3 m	LCG _{C&E} =
◇ KG _{III}	= H + h _{II} + 0.5 · h _{III}	= -53,3793 m
	= 19,9 m	

LCG

$$\begin{aligned} \diamond LCG_I &= \text{dari gambar} \\ &= -53,7543 \text{ m} \\ \diamond LCG_{II} &= \text{dari gambar} \\ &= -53,7543 \text{ m} \\ \diamond LCG_{III} &= \text{dari gambar} \\ &= -50,7543 \text{ m} \end{aligned}$$

Titik Berat *Consumable*

$$KG = \frac{W_{C\&E} \cdot KG_{C\&E} + W_{FW} \cdot KG_{FW} + W_{LO} \cdot KG_{LO} + W_{HFO} \cdot KG_{HFO} + W_{FO} \cdot KG_{FO}}{W_{C\&E} + W_{FW} + W_{LO} + W_{HFO} + W_{FO}}$$

$$= \mathbf{6,1993076 \text{ m}}$$

$$LCG = \mathbf{90,114472 \text{ m}} \quad \text{dari midship}$$

Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 168,2121 \text{ m} \\ B &= 30,6829 \text{ m} \\ H &= 13,0808 \text{ m} \\ C_{ALV} &= 200 \text{ kg/m}^2 \quad ; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 172} \\ &\quad \text{untuk Cargo Ship besar : } 180 - 200 \text{ kg/m}^2 \\ &\quad \text{diambil nilai tengah untuk Cargo Ship ukuran sedang}\end{aligned}$$

Grup III

1. Layer I

$$\begin{aligned}\ell_{DH1} &= 16 \text{ m} \\ b_{DH1} &= 27 \text{ m} \\ A_{DH1} &= \ell_{PO} \cdot b_{PO} \\ &= 432,000 \text{ m}^2 \\ W_{DH1} &= \frac{A_{DH1} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 86,400 \text{ ton}\end{aligned}$$

2. Layer II

$$\begin{aligned}\ell_{DH2} &= 16 \text{ m} \\ b_{DH2} &= 27 \text{ m} \\ A_{DH2} &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \\ &= 432,000 \text{ m}^2 \\ W_{DH2} &= \frac{A_{DH2} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 86,400 \text{ ton}\end{aligned}$$

3. Anjungan

$$\begin{aligned}\ell_{DH3} &= 10 \text{ m} \\ b_{DH3} &= 21 \text{ m} \\ A_{DH3} &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \\ &= 210,000 \text{ m}^2 \\ W_{DH3} &= \frac{A_{DH3} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 42,000 \text{ ton}\end{aligned}$$

4. Forecastle

$$\begin{aligned}\ell_{DA} &= 18,7079 \text{ m} \\ b_{DA} &= 21,7772 \text{ m} \\ A_{DA} &= \text{dari gambar} \\ &= 230,514 \text{ m}^2 \\ W_{DA} &= \frac{A_{DA} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 46,103 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{\text{Total}} &= W_{PO} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} \\ &= 260,903 \text{ ton}\end{aligned}$$

Grup IV

$$\begin{aligned}C &= 0,26 \text{ ton/m}^2 \\ &\quad ; 0,18 \text{ ton/m}^2 < C < 0,26 \text{ ton/m}^2 \text{ untuk ukuran} \\ &\quad \text{sedang, Ship Design Efficiency and Economy hal 172} \\ W_{IV} &= \sqrt[3]{(L_{PP} \cdot B \cdot H)^2 \cdot C} \quad ; \text{ untuk ukuran sedang} \\ &= 431,08738 \text{ ton}\end{aligned}$$

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned}W_{E\&O} &= W_{\text{Total}} + W_{IV} \\ &= 691,990 \text{ ton}\end{aligned}$$

Perhitungan Titik Berat Peralatan dan Perlengkap

$KG_{E\&O}$

$$D_A = 13,729 \text{ m}$$

Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House

$$KG_{E\&O} = (1.00 \sim 1.05) \cdot I; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 173}$$

$$= 13,729 \text{ m}$$

LCG_2

$$W_{E\&O\ DH} = 50\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi $W_{E\&O}$ di Rumah Geladak

$$= 345,99509 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH} = \frac{W_{DH1} \cdot LCG_{DH1} + W_{DH2} \cdot LCG_{DH2} + W_{DH3} \cdot LCG_{DH3}}{W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3}}$$

$$= -53,167708 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

LCG_1

1. Layer I

$$l_{DH1} = 16 \text{ m}$$

$$W_{DH1} = 86,400 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH1} = -53,7543 \text{ m}$$

LCG_3

$$W_{E\&O\ Oth} = 30\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi $W_{E\&O}$ di tempat lain

$$= 207,59705$$

$$LCG_{Other} = 2,5668 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

2. Layer II

$$l_{DH2} = 16 \text{ m}$$

$$W_{DH2} = 86,400 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH2} = -53,7543 \text{ m}$$

Kamar Mesin

$$W_{E\&C} = 20\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi $W_{E\&O}$ di Kamar Mesin

$$= 138,40 \text{ ton}$$

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

$$= -54,1237 \text{ m}$$

3. Anjungan

$$l_{DH3} = 10 \text{ m}$$

$$W_{DH3} = 42,000 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH3} = -50,7543 \text{ m}$$

LCG

$$LCG_{E\&O} = \frac{50\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{DH} + 30\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{Other} + 20\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_M}{W_{E\&O}}$$

4. Forecastle

$$l_{DA} = 18,7079 \text{ m}$$

$$W_{DA} = 46,103 \text{ ton}$$

$$LCG_{DA} = 74,0363 \text{ m}$$

$$= -36,639 \text{ m di belakang Midship}$$

$$= 47,467 \text{ m dari AP}$$

$$= 120,745 \text{ m dari FP}$$

Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

Berat Baja

$$\begin{aligned}W_{ST} &= 9774,514 \text{ ton} \\KG_{ST} &= 7,963 \text{ m} \\LCG_{ST} &= 6,092 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship}\end{aligned}$$

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned}W_{E\&O} &= 691,990 \text{ ton} \\KG_{E\&O} &= 13,729 \text{ m} \\LCG_{E\&O} &= \quad \quad \quad \text{m} \quad ; \text{ dari Midship}\end{aligned}$$

Berat Power Plant

$$\begin{aligned}W_M &= 3180,000 \text{ ton} \\KG_M &= 7,538 \text{ m} \\LCGM &= -0,677 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship}\end{aligned}$$

Berat Consumable

$$\begin{aligned}W_{cons} &= 1825,471 \text{ ton} \\KG_{cons} &= \quad \quad \quad \text{m} \\LCG_{cons} &= \quad \quad \quad \text{m} \quad ; \text{ dari Midship}\end{aligned}$$

Berat Permesinan

$$\begin{aligned}W_{mesin} &= 233,253 \text{ ton} \\KG_{mesin} &= 5,689 \text{ m} \\LCG_{mesin} &= -70,106 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship}\end{aligned}$$

Berat LWT

$$\begin{aligned}LWT &= W_{ST} + W_{E\&O} + W_M \\&= 13879,757 \text{ ton}\end{aligned}$$

Berat Total

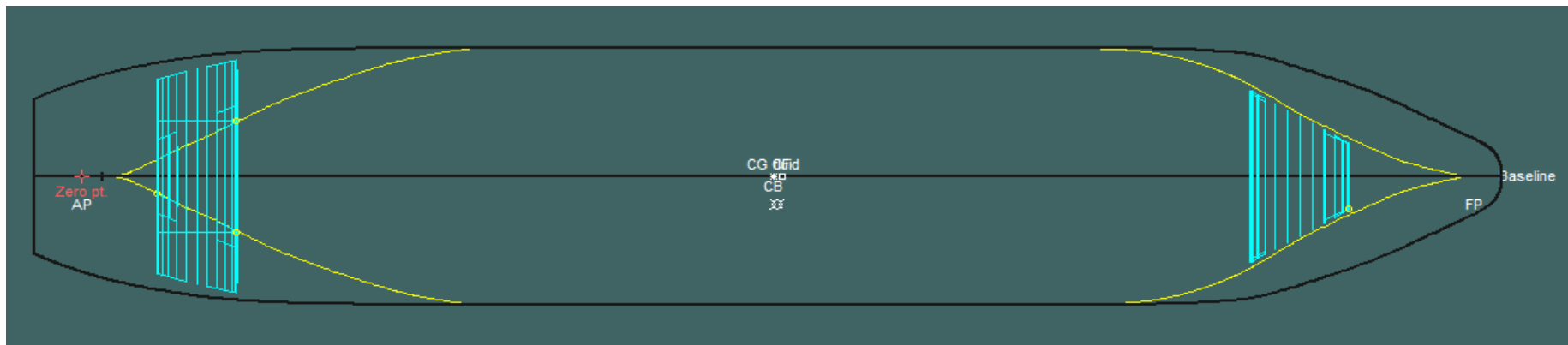
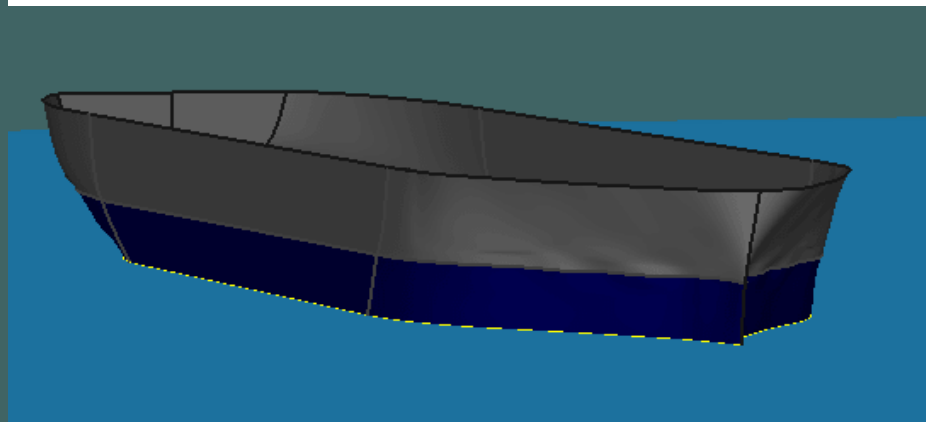
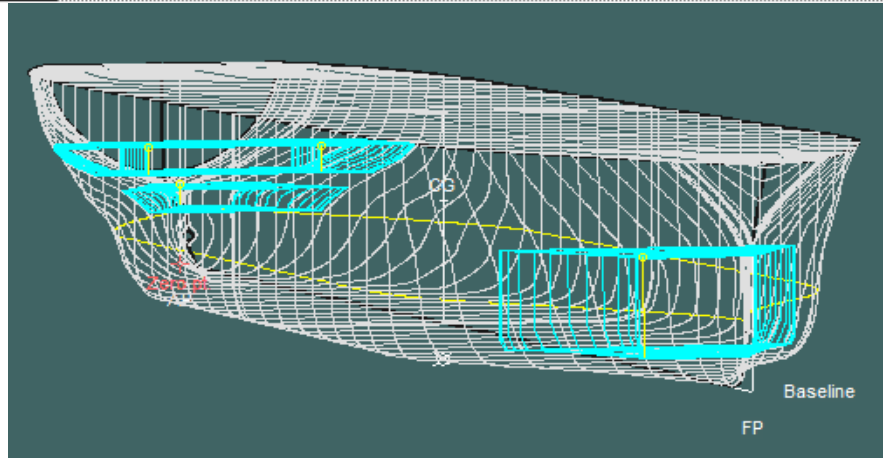
$$\begin{aligned}W &= LWT + W_{cons} \\&= 15705,228 \text{ ton}\end{aligned}$$

Perbandingan DWT+LWT dan Displacement

$$\begin{aligned}W &= 15705,228 \text{ ton} \\Displ. &= 30704,878 \text{ ton} \\Margin &= 14999,649 \text{ ton} \\&= 48,851031 \%\end{aligned}$$

Karena Margin berat kapal yang didapatkan melebihi batas margin maksimal yang diijinkan, yaitu 5%, maka dilakukan penggantian ukuran utama kapal dengan menggunakan referensi ukuran utama MV Karadeniz Powership Zeynep Sultan

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	14502,420	14502,420			75,906	0,000	9,538	0,000	User Specific
2	FW Tank	100%	166,333	166,333	166,333	166,333	13,869	0,000	6,171	0,000	Maximum
3	LO Tank	100%	248,522	248,522	270,133	270,133	13,115	0,000	9,309	0,000	Maximum
4	Stbd FO Tank	100%	84,952	84,952	89,963	89,963	13,584	9,283	9,480	0,000	Maximum
5	Port FO Tank	100%	84,956	84,956	89,967	89,967	13,584	-9,283	9,480	0,000	Maximum
6	HFO Tank	100%	1236,624	1236,624	1124,204	1124,204	136,921	0,000	5,096	0,000	Maximum
7	Total Loadca			16323,807	1740,599	1740,599	78,291	0,000	9,163	0,000	
8	FS correction								0,000		
9	VCG fluid								9,163		



PENENTUAN UKURAN UTAMA

Ukuran Utama Kapal

Daya =	144	MW		$v = 9 \text{ knot} = 4,630 \text{ m/s}$
Panjang (L) =	155,5	m	=	155,5 m
Lebar (B) =	31	m	=	31 m
Tinggi (H) =	16	m	=	16 m
Sarat (T) =	9	m	=	9 m

Perbandingan Ukuran Utama

L/B =	5,02	$3,5 < L/B < 10$	(PNA Vol. 1 hal. 19)
L/H =	9,72	$8,12 < L/H < 15,48$	(Ship Design for Efficiency and Economy hal.160)
B/H =	1,94	$1,47 < B/H < 2,38$	(Ship Design for Efficiency and Economy hal.160)
L/T =	17,28	$10 < L/T < 30$	(PNA Vol. 1 hal. 19)
B/T =	3,44	$1,8 < B/T < 5$	(PNA Vol. 1 hal. 19)

Perhitungan Koefisien

1 Koefisien Blok

$$C_B = 0,706$$

2 Koefisien Midship

$$C_M = 0,986$$

3 Koefisien Prismatic

$$C_P = \frac{C_B}{C_M} = 0,72$$

4 Volume Displacement

$$V = 24778,4 \text{ m}^3$$

5 Displacement

$$\Delta = 25397,9 \text{ ton}$$

Koreksi Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien

Ukuran Utama

$$\begin{aligned}
 L_{PP} &= 155,50000 \text{ m} \\
 B &= 31,000 \text{ m} \\
 H &= 16,000 \text{ m} \\
 T &= 7,000 \text{ m} \\
 V_S &= 9,0 \text{ knot} \\
 &= 4,630 \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

Panjang Garis Air

$$\begin{aligned}
 L_{WL} &= 104\% \cdot L_{PP} \\
 &= 161,7 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Froude Number

$$\begin{aligned}
 Fn &= \frac{V_S}{\sqrt{g \cdot L_{PP}}} \quad ; g = 9,81 \text{ m/s}^2 \\
 &= 0,119 \quad , \text{Principle of Naval Architecture Vol.II hlm.154}
 \end{aligned}$$

Perbandingan Ukuran Utama

$$\begin{aligned}
 L/B &= 5,016 & B/H &= 1,938 \\
 B/T &= 4,429 & L/H &= 9,71875 \\
 L/T &= 22,214
 \end{aligned}$$

Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

1. Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)

Parametric Ship Design hal. 11

$$\begin{aligned}
 C_B &= 0,7 + 0,125 \cdot \text{ATAN}((23 - 100 \cdot Fn)/4) \\
 &= 0,706
 \end{aligned}$$

2. Koefisien Midship (Series '60)

Parametric Ship Design hal. 11 - 12

$$\begin{aligned}
 C_M &= 0,977 + 0,085 \cdot (C_B - 0,6) \\
 &= 0,986
 \end{aligned}$$

3. Koefisien Prismatic

$$\begin{aligned}
 C_P &= \frac{C_B}{C_M} \\
 &= 0,716
 \end{aligned}$$

4. Koefisien Bidang Garis Air (single screw)

Parametric Ship Design hal. 11 - 16

$$\begin{aligned}
 C_{WP} &= 0,175 + 0,875 C_P \\
 &= 0,802
 \end{aligned}$$

6. Longitudinal Center of Bouyancy

Parametric design halaman 11-19

a. LCB (%)

$$\begin{aligned}
 LCB &= 9,7 - 45 \cdot Fn - 0,8 \quad , \text{Harvald} \\
 &= 3,566 \% L_{PP}
 \end{aligned}$$

b. LCB dari M

$$\begin{aligned}
 LCB &= \frac{LCB (\%)}{100} \cdot L_{PP} \\
 &= 5,545 \text{ m dari M}
 \end{aligned}$$

c. LCB dari AP

$$\begin{aligned}
 LCB &= 0,5 \cdot L_{WL} + LCB_M \\
 &= 86,405 \text{ m dari AP}
 \end{aligned}$$

7. Volume Displasemen

$$\begin{aligned}
 \nabla &= L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B \\
 &= 24778,450 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

8. Displasemen

$$\begin{aligned}
 \rho &= 1,025 \text{ ton/m}^3 \\
 \Delta &= \nabla \cdot \rho \\
 &= 25397,911 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Hambatan

Holtrop & Mennen Method. Refrensi: Principle of Naval Architecture Vol. II

Ukuran Utama

Length Perpendicular (L_{PP})	=	155,50 m
Length Water Line (L_{WL})	=	161,72 m
Breadth (B)	=	31,00 m
Height (H)	=	16,00 m
Draught (T)	=	7,00 m
Koefisien Blok (C_B)	=	0,71
Koefisien Midship (C_M)	=	0,99
Koefisien Prismatic (C_P)	=	0,72
Koefisien Bidang Garis Air (C_V)	=	0,80
Froude Number (F_n)	=	0,12
C_{stern}	=	0,00 ; Normal section shape
Service Speed (V_S)	=	4,63 m/s

Perhitungan

1. Viscous Resistance

⊙ C_{FO} (Koefisien Gesek) ITTC 1957 ; *Principle of Naval Architecture Vol II hal 13*

$$\begin{aligned} \text{Angka Reynold (Rn)} &= \frac{L_{WL} \cdot V_S}{1.18831 \cdot 10^{-6}} \\ &= 630053531,5 \\ \text{Koefisien Gesek (C}_{FO}\text{)} &= \frac{0.075}{(\text{Log Rn} - 2)^2} \\ &= 0,001622 \end{aligned}$$

⊙ Harga $1+k_1$ (*form factor of bare hull*) ; *Principle of Naval Architecture Vol. II hal. 91*

$$\begin{aligned} C &= 1 + (0.11 \cdot C_{stern}) && ; C_{stern} = 0; \text{ karena Afterbody} \\ &= 1 && \text{ normal section shape} \\ L_R/L &= \frac{(1 - C_P) + (0.06 \cdot C_P \cdot LCB)}{(4 \cdot C_P) - 1} \\ &= 4,974 \\ L_{WL}^3 / \nabla &= \frac{L_{WL}^3}{L_{WL} \cdot B \cdot T \cdot C_B} \\ &= 170,694 \\ 1+k_1 &= 0.93 + 0.487 \cdot C \cdot \left(\frac{B}{L_{PP}}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L_{PP}}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L_{WL}^3}{\nabla}\right)^{0.3649} \\ &\quad \cdot (1 - C_P)^{-0.6042} \\ &= 1,169 \end{aligned}$$

2. Resistance of Appendages

● Wetted Surface Area

$$A_{BT} = 0 \quad ; \text{ tanpa bulbous bow}$$

$$\text{Wetted surface area (S)} = L_{WL} \cdot (2 \cdot T + B) \cdot \sqrt{C_M} \cdot (0.453 + 0.4425 \cdot C_B - 0.2862 \cdot C_M - 0.003467 \cdot \frac{B}{T} + 0.3696 \cdot C_{WP} + 2.38 \cdot \frac{A_{BT}}{C_B})$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91

$$= 5522,001$$

$$S_{rudder} = 2 \cdot (C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot 1.75 \cdot L_{PP} \cdot \frac{T}{100})$$

BKI Vol. II hal 14-1

C_1 = Factor for the ship thype = 1 (in general ship)

C_2 = Factor for the rudder thype = 1 (in general rudder)

C_3 = Factor for the rudder profile = 1 (for NACA-profiles & plate)

C_4 = Factor for the rudder arrangement = 1 (for rudder in the propeller)

$$= 38,098$$

$$S_{bilgekeel} = 4 \cdot (0.6 \cdot C_B \cdot L_{WL}) \cdot \left(\frac{0.18}{C_B - 0.2} \right)$$

$$= 97,473$$

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilgekeel}$$

$$= 135,570$$

$$S_{total} = S + S_{app}$$

$$= 5657,572$$

$$1 + k_2 = \frac{1.5 \cdot S_{rudder} + 1.4 \cdot S_{bilgekeel}}{S_{rudder} + S_{bilgekeel}}$$

$$= 1,428$$

$$1 + k = (1 + k_1) + ((1 + k_2) - (1 + k_1)) \cdot \frac{S_{app}}{S_{total}}$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= 1,175$$

3. Wave Making Resistance

● C_1

$$B/L_{WL} = 0,192$$

$$C_4 = 0,192 \quad ; 0.11 < B/L_{WL} \leq 0.25$$

$$\text{Sarat moulded di AP (T}_a\text{)} = 7,000 \quad \text{m}$$

$$\text{Sarat moulded di FP (T}_f\text{)} = 7,000 \quad \text{m}$$

$$i_E = 125.67 \cdot \frac{B}{L_{WL}} - 162.25 \cdot C_P^2 + 234.32 \cdot C_P^3 + 0.1551 \cdot [LCB_{AP} + (6.8 \cdot \frac{T_a - T_f}{T})^3]$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93

$$= 40,334$$

$$d = -0,9 \quad ; \text{ Principle of Naval Architecture}$$

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

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= 3,979$$

● m_1

$$\sqrt[3]{\bar{v}} / L_{WL} = 0,180$$

$$C_5 = 1,7301 - 0,7067 \cdot C_P$$

untuk $C_P < 0.8$

$$= 1,240$$

$$m_1 = 0.01404 \cdot \frac{L_{WL}}{T} - 1.7525 \cdot \frac{\sqrt[3]{\bar{v}}}{L_{WL}} - 4.7932 \cdot \left(\frac{B}{L_{WL}}\right) - C_5$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= -2,150$$

$$\lambda = 1.446 \cdot C_P - 0.03 \cdot \frac{L}{B} \quad ; \text{ untuk } L/B \leq 12$$

$$= 0,879$$

● m_2 ; *Principle of Naval Architecture Vol II hal 92*

$$C_6 = -1,69385 \quad ; \text{ untuk } L_{WL}^3/V \leq 512 \quad (L_{WL}^3)/V = 170,694$$

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

$$= 0,000$$

● C_2 ; *Principle of Naval Architecture Vol II hal 92*

$$C_2 = 1 \quad ; \text{ Karena tidak ada bulb}$$

$$A_T = 0 \quad ; \text{ transom tidak tercelup air}$$

$$\begin{aligned} \text{● } C_3 &= 1 - \frac{0.8 \cdot A_T}{B \cdot T \cdot C_M} && \text{Principle of Naval Architecture Vol II hal 92} \\ &= 1 \end{aligned}$$

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

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 92

$$= 1,71968E-06$$

$$\text{● } C_A = 0.006 \cdot (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad ; \text{ Tf/Lwl} < 0,04$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 93

$$\text{Tf/Lwl} =$$

$$0,04328469$$

$$= 0,000412053$$

$$\text{● } W \text{ (Gaya Berat)} = \Delta \cdot g$$

$$= 249153,508 \text{ N}$$

$$\text{● } R_{\text{total}} = 0.5 \cdot 1025 \cdot V_S^2 \cdot S_{\text{total}} \cdot (C_{FO} \cdot (1 + k) + C_A + \left(\frac{R_W}{W} \cdot W\right))$$

$$= 144107,227 \text{ N}$$

$$= 144,107 \text{ kN}$$

X% = Koreksi daerah pelayaran wilayah Asia Timur antara 15%-20% DHP

X% = 15% (*Parametric Design Chapter 11, hal 11-29*)

$$\text{● } R_{\text{total}} + \text{Margin } 15\% R_{\text{total}}$$

$$= 165,723 \text{ kN}$$

Grafik Hubungan antara Froude Number dan Koefisien Blok untuk menentukan perlu atau tidaknya pemakaian Bulbous Bow

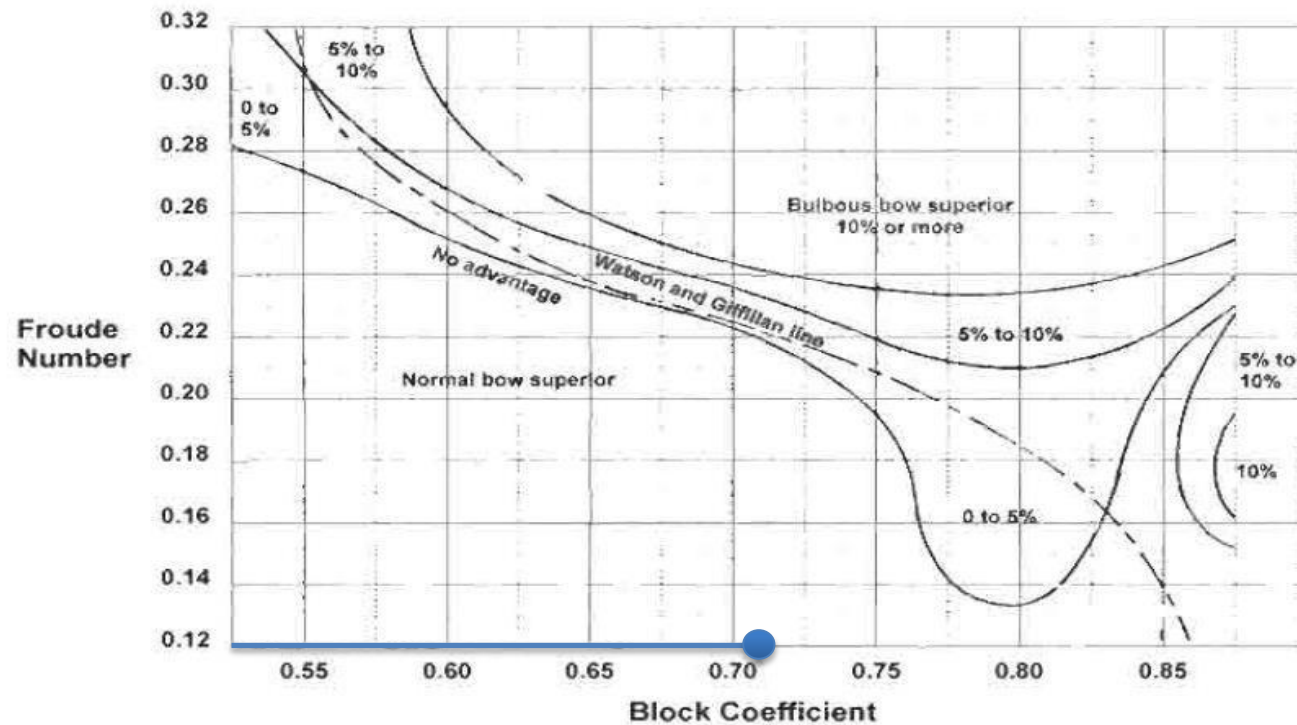


Fig. 8.1. The combination of Froude number and block coefficient at which a bulbous bow is likely to be advantageous.

Practical Ship Design hal. 233

$$F_n = 0,119$$

$$C_B = 0,706$$

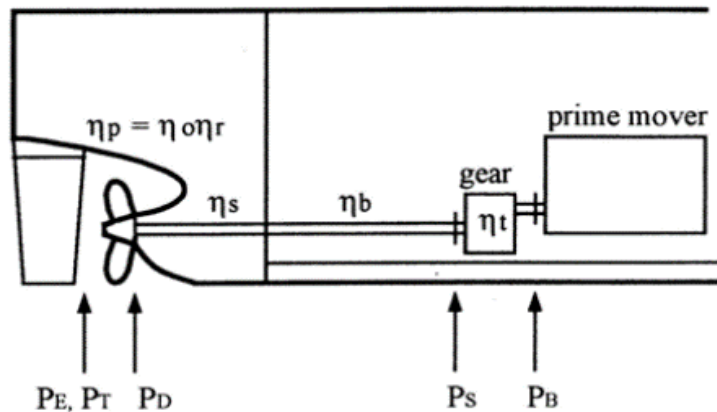
Dari grafik dapat disimpulkan bahwa dengan penambahan bulbous bow, hanya mengurangi 0-5% hambatan kapal oleh karena itu penggunaan bulbous bow pada kapal ini tidak direkomendasikan.

Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

Input Data

Length Water Line (L_{wl})	=	161,720 m	
Draught (T)	=	7,000 m	
Koefisien Block (C_B)	=	0,706	
R_T	=	165,723 kN	
Diameter Propeller (D)	=	4,550 m	; Diameter (0.65 . T)
Putaran Propeller (n_{rpm})	=	300 rpm	
Putaran Propeller (n_{rps})	=	5 rps	
Pitch ratio (P/D)	=	1	; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)
Jumlah Blade Propeller (z)	=	4 blade	; Jumlah Blade
A_E/A_0	=	0,4	; Expanded Area Ratio

Distribusi Tenaga :



Perhitungan Awal

$$1+k = 1,17539$$

$$C_F = \frac{0.075}{(\log_{10} Rn - 2)^2}$$

$$= 0,00162$$

$$C_A = 0,0004$$

$$C_V = (1+k) \cdot C_F + C_A$$

$$= 0,00232$$

Principle of Naval Architecture Vol. II hal 163

$$\omega \text{ (Wake Friction)} = 0.3 \cdot C_B + 10 \cdot C_V \cdot C_B - 0,1 \quad ; \text{ for single screw}$$

$$= 0,128$$

$$t = 0,100 \quad ; \text{ for single screw}$$

$$V_a = \text{Speed of Advance}$$

$$= V_S \cdot (1 - w)$$

$$= 4,036$$

Effective Horse Power (EHP)

$$\begin{aligned} P_E &= R_T \cdot V_S \\ &= 767,233 \text{ kW} \end{aligned}$$

Thrust Horse Power

$$\begin{aligned} P_T &= P_E \cdot \frac{(1-w)}{(1-t)} \\ &= 743,197 \text{ kW} \end{aligned}$$

Propulsive Coefficient Calculation

$$\begin{aligned} \eta_H &= \text{Hull Efficiency} \\ &= \frac{(1-t)}{(1-w)} && 1,77046E-10 \\ &= 1,032 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_O &= \text{Open Water Test Propeller Efficiency} \\ &= \left(\frac{J}{2 \cdot n} \right) \cdot \left(\frac{KT}{KQ} \right) && ; \text{ Wageningen B-Series} \\ &= 0,46475 \end{aligned}$$

$$\eta_r = 0,98 \quad ; \text{ (relative rotative) for single screw}$$

$$\begin{aligned} \eta_D &= \text{Quasi-Propulsive Coefficient} \\ &= \eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_r \\ &= 0,470185 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_D &= \text{Delivered Power at Propeller} \\ &= \frac{P_E}{\eta_D} \\ &= 1631,7676 \text{ kW} \end{aligned}$$

Shaft Horse Power

$$\begin{aligned} \eta_S &= \text{Shaft Efficiency ; (0.981 ~ 0.985)} \\ &= 0,985 \quad ; \text{ untuk mesin di after} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_S &= \text{Shaft Power} \\ &= \frac{P_D}{\eta_S} \\ &= 1656,617 \text{ kW} \end{aligned}$$

Brake Horse Power Calculation (BHP)

$$\begin{aligned}\eta_t &= 0,975 \\ \eta_B \eta_S &= 0,98 \quad ; \text{for machinery aft} \\ P_{B0\text{ SCR}} &= \text{Brake Horse Power (BHP}_0\text{)} \\ &= \frac{P_E}{\eta_H \eta_0 \eta_R \eta_S \eta_b \eta_t} \\ &= 1707,763 \text{ kW}\end{aligned}$$

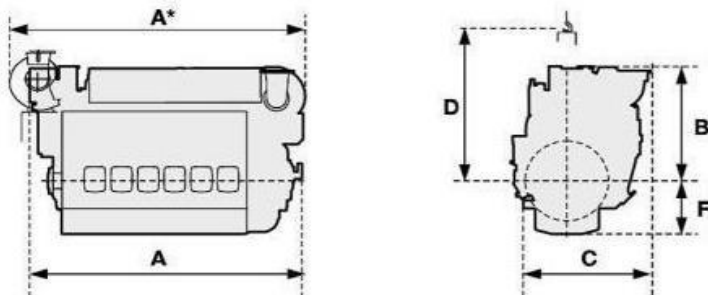
Perhitungan koreksi P_B

$$\begin{aligned}\text{Letak Mesin} &= 3\% P_B \\ &= 51,233 \\ \text{Rute} &= 10\% P_B \\ &= 170,776 \\ \text{Total } P_B &= P_B + 3\% P_B + 10\% P_B \\ &= 1929,772 \text{ kW} \\ &= 1929,772 \cdot 1,34102 \quad \text{HP} \\ \text{Total BHP} &= 2587,863 \text{ HP}\end{aligned}$$

Daya yang dibutuhkan = 1929,7723 kW
2587,8632 HP

Spesifikasi Mesin Utama

Merk : Wartsila
 Type : Wartsila 26 6L26
 Daya Mesin : 1950 KW
 : 2651,22 HP
 Dimensi Mesin :
 > Panjang : 4,251 m
 > Lebar : 1,912 m
 > Tinggi : 2,832 m
 Berat Mesin : 17 ton
 n_{rpm} : 900 rpm



Rated power: Propulsion engines

Engine type	Output in kW/bhp at 900 rpm		Output in kW/bhp at 1 000 rpm	
	kW	bhp	kW	bhp
6L26	1 950	2 651	2 040	2 774

Principal engine dimensions (mm) and weights (tonnes)

Engine type	A*	A	B*	B	C*	C
W6L26	4 251	4 111	1 882	1 801	1 912	1 883
	D	F	F	Weight	Weight	
		dry sump	wet sump	dry sump	wet sump	
W6L26	2 430	N.y.a.	950	17.0	17.2	

MAIN TECHNICAL DATA

Cylinder bore	260 mm
Piston stroke	320 mm
Speed	900 - 1 000 rpm
Mean effective pressure	24.3 - 23.0 bar
Piston speed	9.6 - 10.7 m/s
Voltage	0.4 - 13.8 kV
Alternator efficiency	0.95 - 0.96
Fuel specification:	
Fuel oil	730 cSt/50°C 7200 sR1/100°F
	ISO 8217, category ISO-F-RMK 700
	SFOC 186-192 g/kWh
	at ISO condition ± 5% tolerance

Perhitungan Berat Permesinan

H Schneekluth; Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

D = Diameter Propeler
 = 4,550 m
n_{rpm} = 900 rpm ; Putaran mesin induk
z = 4 blade
A_E/A_O = 0,4
P_D = Delivered Power at Propeller
 = 1631,768 kW
P_B = Brake Horse Power
 = 1929,772 kW
W_e = Berat Mesin Induk
 = 17 ton

d_s = 0,840 m

K = Koefisien Fixed Propeler
 = $\left(0.18 \cdot \frac{A_E}{A_O}\right) - \left(\frac{z-2}{100}\right)$
 = 0,052
W_{prop} = Berat Propeler
 = $2 \cdot D^3 \cdot K$
 = 9,796 ton
W_{proptotal} = **W_{gear}** + **M_s** + **W_{prop}**
 = 15,607 ton

Unit Propulsi (*Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm 182*)

W_{gear} = Berat Gear Box
 = $2 \cdot (0.34 \sim 0.4) \cdot \frac{P_D}{n}$
 = 1,715 ton
l = 17 m , dari GA

M_s/l = $0.081 \cdot \left(\frac{P_D}{n_{rpm}}\right)^{\frac{2}{3}}$
 = 0,120 ton/m

M_s = Berat Poros Propeler
 = $2 \cdot \frac{M_s}{l} \cdot l$ = 4,095 ton

Lain - Lain : ; Contoh: Berat pump, pipes, cables, stair, platform, compressor, dll

W_{ot} = $(0.04 \sim 0.07) \cdot P_B$
 = 135,08406 ton

Berat Total Permesinan

W_{total} = **W_e** + **W_{proptotal}** + **W_{ot}**
 = 167,691 ton

Titik Berat Machinery :

Chapter 11 Parametric design, page 11-25

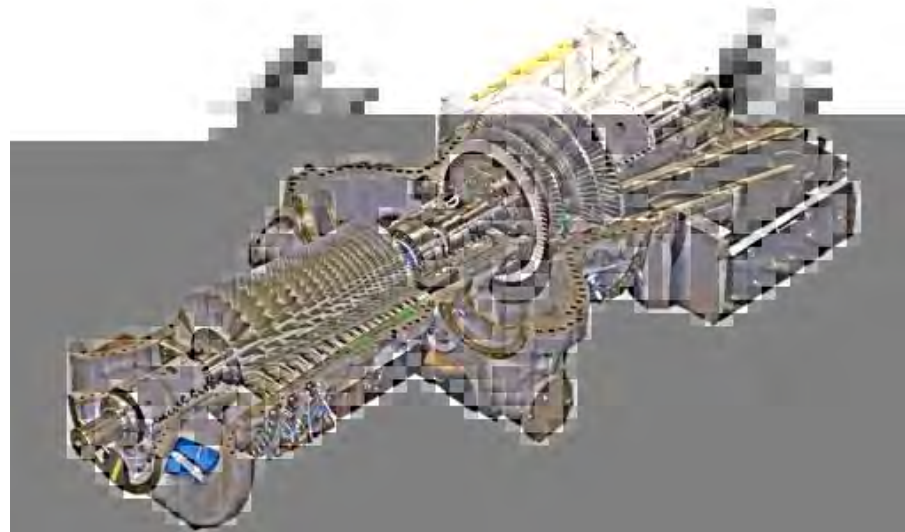
$$\begin{aligned}h_{db} &= \text{Tinggi Double bottom} \\ &= 1,708 \quad ; h_{min} = 1 \text{ m} \quad (\text{BKI rules for hull volume II, Section 24 pg. 24-2}) \\ \text{KG} &= h_{db} + 0.35 \cdot (H - h_{db}) \\ &= 6,710 \text{ m} \\ \text{Lcb} &= \text{dari gambar} \\ &= 9,000 \text{ m} \\ \text{LCG}_{FP} &= L_{WL} - \text{LCB} - 5 \\ &= 141,500 \text{ m} \\ \text{LCG}_M &= -(\text{LCG}_{FP} - 0.5 \cdot L_{PP}) \\ &= -63,75 \text{ m} \quad \text{dari midship}\end{aligned}$$

Spesifikasi Gas Turbine

Merk : Mitsubishi Hitachi Power System
Type : H-50 Series Gas Turbine
Daya : 57,4 MW

Dimensi Turbin :

> Panjang : 8,4 m
> Lebar : 3,8 m
> Tinggi : 3,9 m
Berat Gas Turbin : 145 ton
Starting time : 70 menit



Spesifikasi Steam Turbine

Merk : Siemens
Type : SST-300 Industrial Steam Turbine
Daya : 29,2 MW

Dimensi Turbin :

> Panjang : 21 m
> Lebar : 11,5 m
> Tinggi : 7,5 m
Berat Steam Turbin : 125 ton



BERAT DAN TITIK BERAT GAS POWER PLANT

No	Mesin	Jumlah	Berat (ton)	Berat Total	KG (m)	LCG (m) dari midship
1	Gas Turbine + base	4	170	680	4,597	1,153
2	Lube oil tank, starting means and auxiliaries	6	40	240	5,653	7,247
3	Generator	6	155	930	6,711	-3,534
4	Reduction Gear	4	25	100	4,597	3,593
4	Air intake system	4	68	272	4,597	3,571
5	Exhaust system	4	22	88	13,410	4,468
6	Gas valve compartment	4	5	20	3,978	3,593
7	Steam Turbine	2	125	250	10,939	-8,922
8	Heat Recovery Steam Generator (HRSG)	4	150	600	12,572	4,468
Wtotal				3180		

Titik berat Power Plant

$$\begin{aligned} \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4 + W_5 \cdot x_5 + W_6 \cdot x_6 + W_7 \cdot x_7 + W_8 \cdot x_8}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8} \\ &= \mathbf{0,466245157 \text{ m}} \quad \text{dari midship} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_4 \cdot y_4 + W_5 \cdot y_5 + W_6 \cdot y_6 + W_7 \cdot y_7 + W_8 \cdot y_8}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6 + W_7 + W_8} \\ &= \mathbf{7,538036855 \text{ m}} \end{aligned}$$

Gas Turbine + base

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	170	-32,370	4,5965	1,611
2	170	-10,021	4,5965	1,611
3	170	12,328	4,5965	1,611
4	170	34,677	4,5965	1,611

Titik Berat Gas Turbine + base

$$\begin{aligned}
 \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \\
 &= \mathbf{1,1533 \text{ m}} \quad \text{dari midship} \\
 \text{KG} &= 4,5965 \\
 Z &= 1,611
 \end{aligned}$$

Generator

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	155	-33,153	4,5965	-5,960
2	155	-10,804	4,5965	-5,960
3	155	11,545	4,5965	-5,960
4	155	33,893	4,5965	-5,960
5	155	-22,547	10,9394	-0,454
6	155	-0,139	10,9394	-0,454

Titik Berat Generator

$$\begin{aligned}
 \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4 + W_5 \cdot x_5 + W_6 \cdot x_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{-3,534216667 \text{ m}} \quad \text{dari midship} \\
 \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_4 \cdot y_4 + W_5 \cdot y_5 + W_6 \cdot y_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{6,7108 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot z_1 + W_2 \cdot z_2 + W_3 \cdot z_3 + W_4 \cdot z_4 + W_5 \cdot z_5 + W_6 \cdot z_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\
 &= \mathbf{-4,1244333 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

Steam Turbine

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	125	-20,126	10,9394	-5,962
2	125	2,282	10,9394	-5,962

Titik Berat Steam Turbine

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2}{W_1 + W_2}$$

$$= \mathbf{-8,92165 \text{ m}} \quad \text{dari midship}$$

$$KG = 10,9394$$

$$Z = -5,962$$

Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	150	-29,103	12,5721	-4,551
2	150	-6,696	12,5721	-4,551
3	150	15,653	12,5721	-4,551
4	150	38,017	12,5721	-4,551

Titik Berat HRSG

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

$$= \mathbf{4,46775 \text{ m}} \quad \text{dari midship}$$

$$KG = 12,5721$$

$$Z = -4,551$$

Exhaust system

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	22	-29,103	13,4099	-11,363
2	22	-6,696	13,4099	-11,363
3	22	15,653	13,4099	-11,363
4	22	38,017	13,4099	-11,363

Titik Berat Exhaust System

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

$$= \mathbf{4,46775 \text{ m}} \quad \text{dari midship}$$

$$KG = 13,4099$$

$$Z = -11,363$$

Air intake system

No	Berat (ton)	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	68	-29,952	4,5965	5,714
2	68	-7,603	4,5965	5,714
3	68	14,746	4,5965	5,714
4	68	37,095	4,5965	5,714

Titik Berat Air Intake System

$$LCC = \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4}$$

$$= \mathbf{3,5713 \text{ m}} \quad \text{dari midship}$$

$$KG = 4,5965$$

$$Z = 5,714$$

Lube oil tank, starting means and auxiliaries

No	Berat	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	40	-18,110	3,0949	-6,531
2	40	-0,641	3,0949	-6,531
3	40	26,588	3,0949	-6,531
4	40	48,936	3,0949	-6,531
5	40	-17,850	10,5973	7,356
6	40	4,558	10,9394	7,356

Titik Berat Lube oil tank, starting means, ad auxiliaries

$$\begin{aligned} \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4 + W_5 \cdot x_5 + W_6 \cdot x_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\ &= \mathbf{7,246916667 \text{ m}} \quad \text{dari midship} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot y_1 + W_2 \cdot y_2 + W_3 \cdot y_3 + W_4 \cdot y_4 + W_5 \cdot y_5 + W_6 \cdot y_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\ &= \mathbf{5,652716667 \text{ m}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KG} &= \frac{W_1 \cdot z_1 + W_2 \cdot z_2 + W_3 \cdot z_3 + W_4 \cdot z_4 + W_5 \cdot z_5 + W_6 \cdot z_6}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5 + W_6} \\ &= \mathbf{-1,902266667 \text{ m}} \end{aligned}$$

Reduction Gear

No	Berat	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	25	-29,930	4,5965	-2,608
2	25	-7,581	4,5965	-2,608
3	25	14,768	4,5965	-2,608
4	25	37,116	4,5965	-2,608

Titik Berat Reduction Gear

$$\begin{aligned} \text{LCG} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \\ &= \mathbf{3,5932 \text{ m}} \quad \text{dari midship} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KG} &= 4,5965 \\ \text{Z} &= -2,608 \end{aligned}$$

Gas valve compartment

No	Berat	LCG (m) dari midship	KG (m)	z (m)
1	5	-29,930	3,9781	3,581
2	5	-7,581	3,9781	3,581
3	5	14,768	3,9781	3,581
4	5	37,116	3,9781	3,581

Titik Berat Gas Valve Compartment

$$\begin{aligned} \text{LCC} &= \frac{W_1 \cdot x_1 + W_2 \cdot x_2 + W_3 \cdot x_3 + W_4 \cdot x_4}{W_1 + W_2 + W_3 + W_4} \\ &= \mathbf{3,5932 \text{ m}} \quad \text{dari midship} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{KG} &= 3,9781 \\ \text{Z} &= 3,581 \end{aligned}$$

Perhitungan Berat Baja *Harvald & Jensen Method (1992)*

Referensi

Schneecluth Hal. 154

No.	Type kapal	CSO
1	Bulk carriers	0,07
2	Cargo ship (1 deck)	0,07
3	Cargo ship (2 decks)	0,076
4	Cargo ship (3 decks)	0,082
5	Passenger ship	0,058
6	Product carriers	0,0664
7	Reefers	0,0609
8	Rescue vessel	0,0232
9	Support vessels	0,0974
10	Tanker	0,0752
11	Train ferries	0,65
12	Tugs	0,0892
13	VLCC	0,0645

Koefisien titik berat

No.	Type kapal	C _{KG}
1	Passanger ship	0.67 – 0.72
2	Large cargo ship	0.58 – 0.64
3	Small cargo ship	0.60 – 0.80
4	Bulk carrier	0.55 – 0.58
5	Tankers	0.52 – 0.54

Input Data

Panjang Kapal (L)	=	155,5 m
Lebar Kapal (B)	=	31,0 m
Tinggi Kapal (H)	=	16 m

Volume Deck House (V_{DH})

1. Volume Deck House 1 (V_{DH1})

Panjang Deck House 1 (ℓ_{DH1}) = 16,000 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 1 (b_{DH1}) = 27 m

Tinggi Deck House 1 (t_{DH1}) = 2,6 m

Volume Deck House 1 (V_{DH1}) = $\ell_{DH1} \cdot b_{DH1} \cdot t_{DH1}$
 = 1123,2 m³

2. Volume Deck House 2 (V_{DH2})

Panjang Deck House 2 (ℓ_{DH2}) = 16,000 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 2 (b_{DH2}) = 27 m

Tinggi Deck House 2 (t_{DH2}) = 2,6 m

Volume Deck House 2 (V_{DH2}) = $\ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2}$
 = 1123,2 m³

3. Volume Anjungan (V_{DH4})

Panjang Deck House 4 (ℓ_{DH4}) = 10,000 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 4 (b_{DH4}) = 21 m

Tinggi Deck House 4 (t_{DH4}) = 2,6 m

Volume Deck House 4 (V_{DH4}) = $\ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3}$
 = 546 m³

Volume Deck House

$$\begin{aligned}V_{DH} &= V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3} + V_{DH4} \\ &= 2792,4000 \quad \text{m}^3\end{aligned}$$

Berat Baja (W_{ST})

$$\begin{aligned}DA &= \text{Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan} \\ &\quad \text{Superstructure dan Deck House} \\ &= H + \frac{V_A + V_{DH}}{L_{PP} \cdot B} \\ &= 16,6940 \quad \text{m} \\ C_{SO} &= 0,076 \text{ t/m}^3 \\ D &= \text{Berat Kapal} \\ &= 25397,91114 \text{ ton} \\ U &= \log \frac{\Delta}{100} \\ &= 2,4048 \\ C_S &= C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})} \\ &= 0,1185\end{aligned}$$

Titik Berat Baja (*Ship Design for Efficiency and Economy-2nd Edition hlm.150*)

$$\begin{aligned}C_{KG} &= \text{Koefisien KG Baja (large cargo ship)} \\ &= 0,58 \\ KG &= DA \cdot C_{KG} \\ &= 9,683 \quad \text{m}\end{aligned}$$

Parametric Design Chapter 11 , Hlm.25

$$\begin{aligned}LCG_{(\%) } &= -0,15 + LCB(\%) \\ &= 3,416 \quad \% L \\ LCG_M &= LCB(\%) \cdot L_{PP} \\ &= 5,524 \quad \text{m} \\ LCG_{FP} &= 0.5 \cdot L_{PP} - LCG_M \\ &= 75,336 \text{ m}\end{aligned}$$

Total Berat Baja

$$\begin{aligned}W_{ST} &= L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \\ &= 9538,6859 \text{ ton}\end{aligned}$$

Volume Superstructure (V_{ss})

1. Volume Forecastle (V_{DH1})

Panjang Deck House 1 (ℓ_{DH1}) = 18,708 m ; sesuai gambar

Lebar Deck House 1 (b_{DH1}) = 21,7772 m

Tinggi Deck House 1 (t_{DH1}) = 2,4 m

Luas Area = 231 m ; bantuan autoCAD

Volume Deck House 1 (V_{DH1}) = Luas Area . T

= 553,234 m³

VA = 553,234 m³

Perhitungan *Consumable* dan Kru

Input Data

L	=	155,500 m
B	=	31,000 m
H	=	16,000 m
T	=	9,000 m
S/V	=	12,000 hari
	=	288,000 jam

Jumlah & Berat Crew

Crew	=	24 orang, referensi dari kapal MVPP Zeynep Sultan
$C_{C\&E}$	=	0,17 ton/orang ; Ref: <i>Parametric design chapter 11, p11-25</i>
$W_{C\&E}$	=	Berat Kru Total
	=	$Z_c \cdot C_{c\&e}$
	=	4,08 ton

Marine Fuel Oil for Main Engine

SFR	=	Specific Fuel Rate
	=	0,000142 ton/kW h ; untuk Marine Fuel Oil
MCR	=	3900,000 kW = 5302,44 HP
Margin	=	10%
$W_{MFO'}$	=	$SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_s} \cdot (1 + Margin)$; Gaguk Suhardjito, <i>Handout Rencana Garis</i>
	=	175,444 ton
W_{MFO}	=	$\frac{W_{FO'} + 4\% \cdot W_{FO'}}{\pi}$; Diktat IGM Santosa
	=	193,91161 ton ; Penambahan 2% untuk koreksi konstruksi dan 2% untuk koreksi ekspansi panas serta $\pi = 0.95$
W_{MFO}	=	199,194 ton ; dari Maxsurf Stability
Volume	=	mass/density , density MFO= 944,3 kg/m ³
	=	205,34958 m ³
V tangki	=	210,944 m ³ ; dari Maxsurf Stability

Lubricating Oil

SFR	=	0,000011 ton/kW h ; dari data mesin (diambil yang terbesar)
MCR	=	61300,000 kW
Margin	=	10% ; (5% ~ 10%)
$W_{LO'}$	=	$SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_s} \cdot (1 + Margin)$
	=	213,61824 ton
$W_{LO''}$	=	$\frac{W_{LO'} + 4\% \cdot W_{LO'}}{\pi}$; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas dan $\pi = 0.9$
	=	246,847744 ton
$W_{LO''}$	=	270,098 ton ; dari Maxsurf Stability
$V_{LO''}$	=	268,3127652 m ³
V tangki	=	293,585 m ³ ; dari Maxsurf Stability

Fresh Water

C_{w1}	=	0,17 ton/orng ha ; Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru
	=	0,007083333 ton/orng ha ; Ref: <i>Parametric design chapter 11, p11-24</i>
C_{w2}	=	0,005 ton/HP ; Koef. air tawar untuk pendingin mesin
W_{FW1}	=	$C_{w1} \cdot \frac{S}{V_s} \cdot Z_c$
	=	48,96 ton
W_{FW2}	=	$C_{w2} \cdot BHP$ air
	=	106,0488 ton
	=	$W_{FW1} + W_{FW2}$
	=	155,0088 ton
	=	$W_{FW \text{ total}} + 5\% \cdot W_{FW \text{ total}}$; terdapat penambahan koreksi 5%
	=	162,75924 ton
Volume	=	mass/density
	=	density FW 1000 kg/m ³
	=	162,75924 m ³

$$C_{w2} = 0,0005 \text{ ton/HP} \quad ; \text{ Koef. air tawar untuk pendingin gas turbine}$$

$$W_{FW2} = C_{w2} \cdot \text{BHP} \quad ; \text{ Berat air tawar untuk pendingin Gas Turbine}$$

$$= 39,02052 \text{ ton}$$

$$= W_{FW \text{ total}} + 2\% \cdot W_{FW \text{ total}} \quad ; \text{ terdapat penambahan koreksi 2\%}$$

$$= 39,80093 \text{ ton}$$

$$\text{Volume} = \text{mass/density}$$

$$= \mathbf{39,80093 \text{ m}^3}$$

$$W_{FW} = W_{FW1} + W_{FW2}$$

$$= 202,56017 \text{ ton}$$

$$W_{FW2} = 224,152 \text{ ton} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

$$\text{Volume} = 202,56017 \text{ m}^3$$

$$V \text{ tangki} = \mathbf{224,152 \text{ m}^3} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

Heavy Fuel Oil for Gas Turbine

$$\text{SFR} = \text{Specific Fuel Rate}$$

$$= 0,00034 \text{ ton/kW h} \quad ; \text{ dari Katalog}$$

$$\text{MCR} = 57,400 \text{ MW} = 57400 \text{ kW} = 78041 \text{ HP}$$

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

$$S/V = 56 \text{ jam}$$

$$W_{HFO'} = \text{SFR} \cdot \text{MCR} \cdot \frac{S}{V_s} \cdot (1 + \text{Margin})$$

$$= 1202,186 \text{ ton}$$

$$W_{HFO} = \frac{W_{FO'} + 4\% \cdot W_{FO'}}{\pi} \quad ; \text{ Diktat IGM Santosa}$$

$$= 1316,0769 \text{ ton} \quad \text{ dan 2\% untuk koreksi ekspansi panas serta } \pi = 0.95$$

$$= 1345,137 \text{ ton} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

$$\text{Volume} = \text{mass/density} \quad , \text{ density MFO} = 1100 \text{ kg/m}^3$$

$$= 1196,4335 \text{ m}^3$$

$$V \text{ tangki} = 1222,852 \text{ m}^3 \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

$$W_{\text{total}} = W_{\text{crew}} + W_{\text{MFO}} + W_{\text{LO}} + W_{\text{FW}} + W_{\text{HFO}}$$

$$= \mathbf{2042,661 \text{ ton}}$$

MARPOL Annex I- Regulations for the
Prevention of Pollution by Oil
Chapter 4 - Part A -Regulation 19

Harus ditambahkan Wing Tank untuk tanker
dengan muatan lebih dari 600 ton

lebar Wing Tank diambil yang terkecil dari

$$w = 0.5 + \frac{DW}{20,000} \text{ (m)}$$

$$= 0,5601 \text{ m}$$

$$w = 2 \text{ m}$$

minimum $w = 1 \text{ m}$

Jadi, lebar Wing Tank = 1 m

Perencanaan Jumlah Kru

● Deck Department

Crew	Jumlah
Captain	1
Chief Officer	1
Seaman	3 ; 3 shift
Chief Cook	1
Assistant Cook	1
Total Jumlah	7

3

6

15

24

● Departemen Engineering

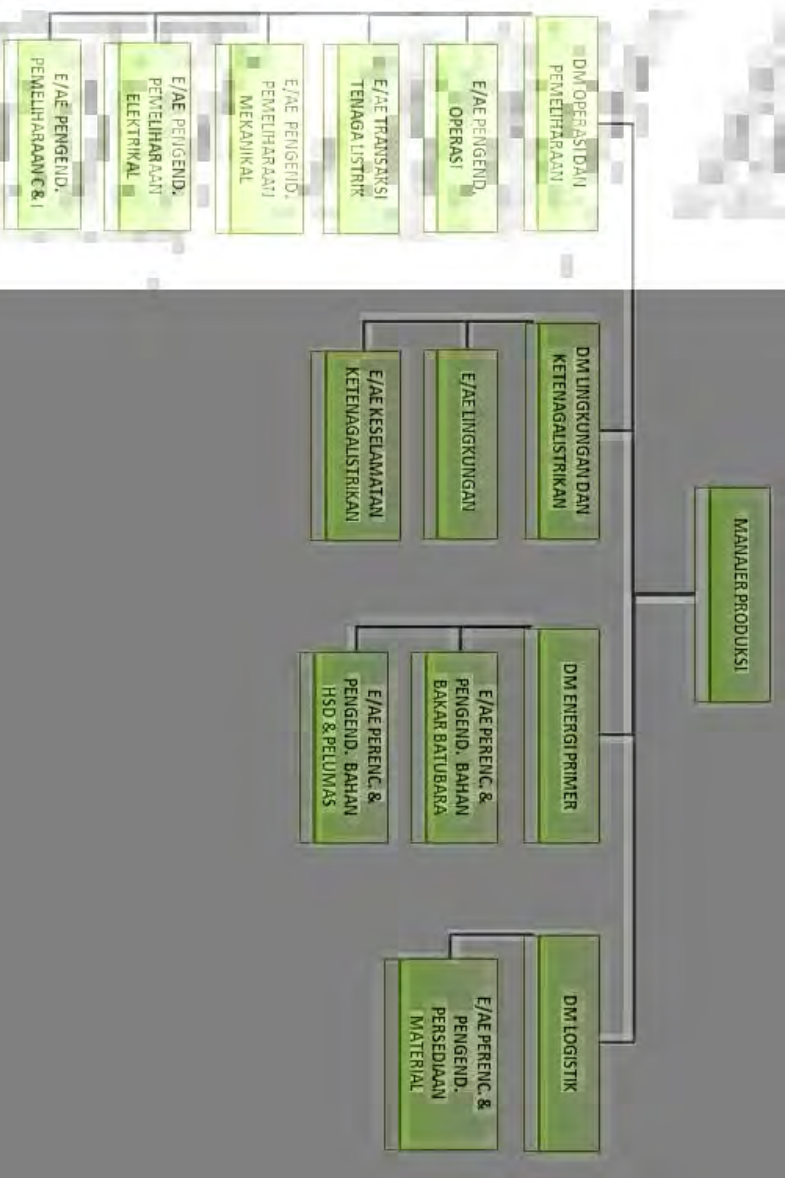
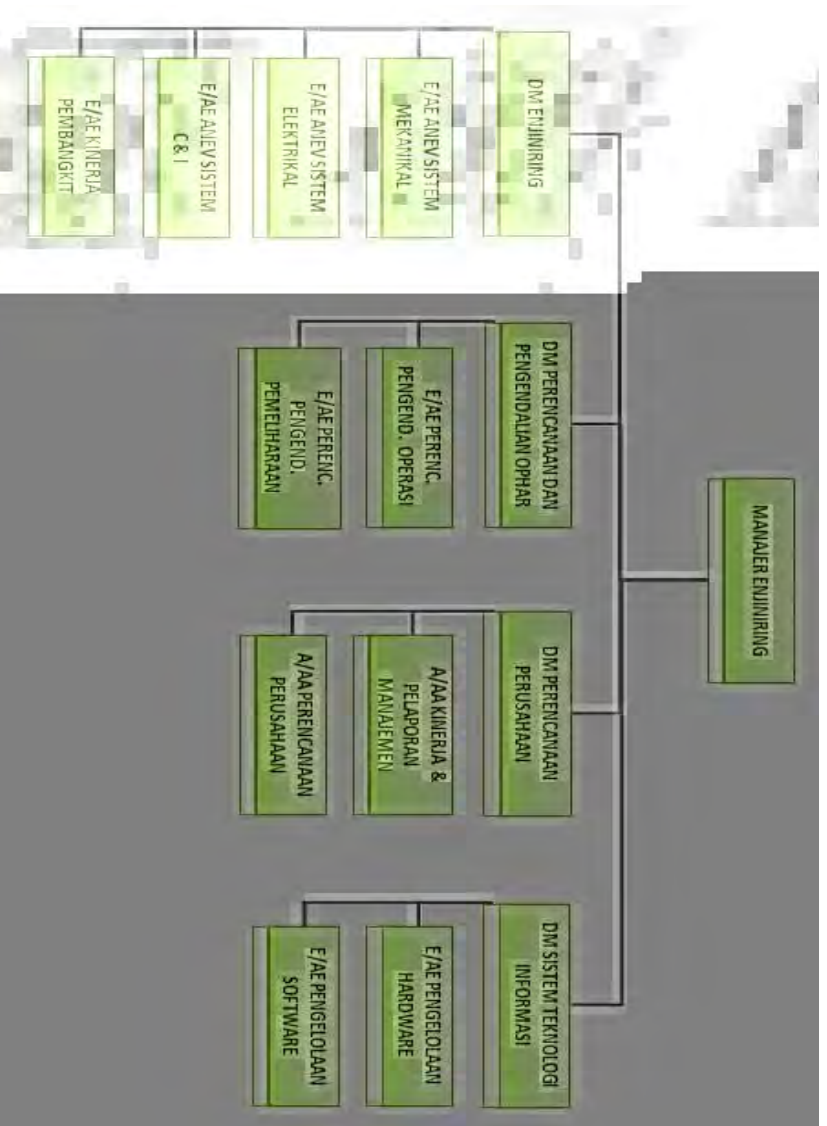
Crew	Jumlah
Manager Engineering	1
Eng. Sistem Mekanikal	3 ; 3 shift
Eng. Sistem Elektrikal	3 ; 3 shift
Eng. Sistem Kinerja Pembangkit	3 ; 3 shift
Perenc. Pengend. Operasi dan Pemeliharaan	1
Total Jumlah	11

● Departemen Produksi

Crew	Jumlah
Manager Produksi	1
Eng. Perenc. Pengend. Bahan Bakar dan Pelumas	3
Logistik	1
Eng. Keselamatan Ketenagalistrikan	1
Total Jumlah	6

● Jumlah Total Kru

24



Titik Berat Consumable

Titik Berat Air Tawar

◇KG	=	5,656 m	
◇ LCG	=	17,946 m	dari AP
◇ LCG	=	-59,804 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	224,152 m ³	

Titik Berat Fuel Oil

◇KG	=	8,663 m	
◇ LCG	=	17,727 m	dari AP
◇ LCG	=	-60,023 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	210,944 m ³	

Titik Berat Lubricating Oil

◇KG	=	8,568 m	
◇ LCG	=	17,031 m	dari AP
◇ LCG	=	-60,719 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	293,585 m ³	

Titik Berat HFO

◇KG	=	5,077 m	
◇ LCG	=	140,27 m	dari AP
◇ LCG	=	62,52 m	dari midship
◇ V _{FW}	=	1222,85 m ³	

$$\begin{aligned}
 H &= 16 \text{ m} \\
 L_{pp} &= 155,5 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berat Kru Per Layer

$$\begin{aligned}
 W_{C\&E /layer} &= \text{Jumlah kru per layer} \cdot \text{berat rata-rat} \\
 W_{C\&E I} &= 2,55 \text{ ton} \\
 W_{C\&E II} &= 1,02 \text{ ton} \\
 W_{C\&E III} &= 0,51 \text{ ton} \\
 W_{C\&E total} &= 4,08 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

Titik Berat Kru dan Luggage

$$\begin{aligned}
 \text{KG} \\
 \diamond \text{KG}_I &= H - 0.5 h_p \\
 &= 14,246 \text{ m} \\
 \diamond \text{KG}_{II} &= H + 0.5 \cdot h_{II} \\
 &= 17,3 \text{ m} \\
 \diamond \text{KG}_{III} &= H + h_{II} + 0.5 \cdot h_{III} \\
 &= 19,9 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Titik Berat} \\
 \text{KG}_{C\&E} &= \frac{W_{C\&E \text{ poop}} \cdot \text{KG}_{\text{poop}} + W_{C\&E II} \cdot \text{KG}_{II} + W_{C\&E III} \cdot \text{KG}_{III} + W_{C\&E IV} \cdot \text{KG}_{IV}}{W_{C\&E \text{ poop}} + W_{C\&E II} + W_{C\&E III} + W_{C\&E IV}} \\
 &= \mathbf{15,716 \text{ m}} \\
 \text{LCG}_{C\&E} &= \frac{W_{C\&E \text{ poop}} \cdot \text{LCG}_{\text{poop}} + W_{C\&E II} \cdot \text{LCG}_{II} + W_{C\&E III} \cdot \text{LCG}_{III} + W_{C\&E IV} \cdot \text{LCG}_{IV}}{W_{C\&E \text{ poop}} + W_{C\&E II} + W_{C\&E III} + W_{C\&E IV}} \\
 &= \mathbf{-53,379 \text{ m}}
 \end{aligned}$$

LCG

$$\begin{aligned}
 \diamond \text{LCG}_I &= \text{dari gambar} \\
 &= -53,7543 \text{ m} \\
 \diamond \text{LCG}_{II} &= \text{dari gambar} \\
 &= -53,7543 \text{ m} \\
 \diamond \text{LCG}_{III} &= \text{dari gambar} \\
 &= -50,7543 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Titik Berat Consumable

$$\begin{aligned}
 \text{KG} &= \frac{W_{C\&E} \cdot \text{KG}_{C\&E} + W_{FW} \cdot \text{KG}_{FW} + W_{LO} \cdot \text{KG}_{LO} + W_{HFO} \cdot \text{KG}_{HFO} + W_{FO} \cdot \text{KG}_{FO}}{W_{C\&E} + W_{FW} + W_{LO} + W_{HFO} + W_{FO}} \\
 &= \mathbf{5,9731 \text{ m}} \\
 \text{LCG} &= \frac{W_{C\&E} \cdot \text{LCG}_{C\&E} + W_{FW} \cdot \text{LCG}_{FW} + W_{LO} \cdot \text{LCG}_{LO} + W_{HFO} \cdot \text{LCG}_{HFO} + W_{FO} \cdot \text{LCG}_{FO}}{W_{C\&E} + W_{FW} + W_{LO} + W_{HFO} + W_{FO}} \\
 &= \mathbf{89,682 \text{ m}} \quad \text{dari midship}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 155,5 \text{ m} \\ B &= 31 \text{ m} \\ H &= 16 \text{ m} \\ C_{ALV} &= 200 \text{ kg/m}^2 \quad ; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 172} \\ &\quad \text{untuk Cargo Ship besar : } 180 - 200 \text{ kg/m}^2 \\ &\quad \text{diambil nilai tengah untuk Cargo Ship ukuran sedang}\end{aligned}$$

Grup III

1. Layer I

$$\begin{aligned}\ell_{DH1} &= 16 \text{ m} \\ b_{DH1} &= 27 \text{ m} \\ A_{DH1} &= \ell_{PO} \cdot b_{PO} \\ &= 432,000 \text{ m}^2 \\ W_{DH1} &= \frac{A_{DH1} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 86,400 \text{ ton}\end{aligned}$$

2. Layer II

$$\begin{aligned}\ell_{DH2} &= 16 \text{ m} \\ b_{DH2} &= 27 \text{ m} \\ A_{DH2} &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \\ &= 432,000 \text{ m}^2 \\ W_{DH2} &= \frac{A_{DH2} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 86,400 \text{ ton}\end{aligned}$$

3. Anjungan

$$\begin{aligned}\ell_{DH3} &= 10 \text{ m} \\ b_{DH3} &= 21 \text{ m} \\ A_{DH3} &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \\ &= 210,000 \text{ m}^2 \\ W_{DH3} &= \frac{A_{DH3} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 42,000 \text{ ton}\end{aligned}$$

4. Forecastle

$$\begin{aligned}\ell_{DA} &= 18,7079 \text{ m} \\ b_{DA} &= 21,7772 \text{ m} \\ A_{DA} &= \text{dari gambar} \\ &= 230,514 \text{ m}^2 \\ W_{DA} &= \frac{A_{DA} \cdot C_{ALV}}{1000} \\ &= 46,103 \text{ ton}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}W_{\text{Total}} &= W_{PO} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} \\ &= 260,903 \text{ ton}\end{aligned}$$

Grup IV

$$\begin{aligned}C &= 0,26 \text{ ton/m}^2 \\ &\quad ; 0,18 \text{ ton/m}^2 < C < 0,26 \text{ ton/m}^2 \text{ untuk ukuran} \\ &\quad \text{sedang, Ship Design Efficiency and Economy hal 172} \\ W_{IV} &= \sqrt[3]{(L_{PP} \cdot B \cdot H)^2 \cdot C} \quad ; \text{ untuk ukuran sedang} \\ &= 471,10176 \text{ ton}\end{aligned}$$

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned}W_{E\&O} &= W_{\text{Total}} + W_{IV} \\ &= 732,005 \text{ ton}\end{aligned}$$

Perhitungan Titik Berat Peralatan dan Perlengkapan

KG_{E&O}

$$D_A = 16,694 \text{ m}$$

Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstructure dan Deck House

$$KG_{E\&O} = (1.00 \sim 1.05) \cdot I; \text{ Ship Design for Efficiency and Economy hal. 173}$$

$$= 16,694 \text{ m}$$

LCG₁

1. Layer I

$$\ell_{DH1} = 16 \text{ m}$$

$$W_{DH1} = 86,400 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH1} = -53,7543 \text{ m}$$

2. Layer II

$$\ell_{DH2} = 16 \text{ m}$$

$$W_{DH2} = 86,400 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH2} = -53,7543 \text{ m}$$

3. Anjungan

$$\ell_{DH3} = 10 \text{ m}$$

$$W_{DH3} = 42,000 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH3} = -50,7543 \text{ m}$$

4. Forecastle

$$\ell_{DA} = 18,7079 \text{ m}$$

$$W_{DA} = 46,103 \text{ ton}$$

$$LCG_{DA} = 74,0363 \text{ m}$$

LCG₂

$$W_{E\&O\ DH} = 50\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi W_{E&O} di Rumah Geladak

$$= 366,00228 \text{ ton}$$

$$LCG_{DH} = \frac{W_{DH1} \cdot LCG_{DH1} + W_{DH2} \cdot LCG_{DH2} + W_{DH3} \cdot LCG_{DH3}}{W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3}}$$

$$= -53,167708 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

LCG₃

$$W_{E\&O\ Oth} = 30\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi W_{E&O} di tempat lain

$$= 219,60137$$

$$LCG_{Other} = 2,5668 \text{ m} \quad \text{dari midship}$$

Kamar Mesin

$$W_{E\&C} = 20\% \cdot W_{E\&O}$$

asumsi WE&O di Kamar Mesin

$$= 146,40 \text{ ton}$$

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

$$= -54,1237 \text{ m}$$

LCG

$$LCG_{E\&O} = \frac{50\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{DH} + 30\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{Other} + 20\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_M}{W_{E\&O}}$$

$$= -36,639 \text{ m di belakang Midship}$$

$$= 41,111 \text{ m dari AP}$$

$$= 114,389 \text{ m dari FP}$$

Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

Berat Baja

$$\begin{aligned} W_{ST} &= 9538,686 \text{ ton} \\ KG_{ST} &= 9,683 \text{ m} \\ LCG_{ST} &= 5,524 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$$\begin{aligned} W_{E\&O} &= 732,005 \text{ ton} \\ KG_{E\&O} &= 16,694 \text{ m} \\ LCG_{E\&O} &= -36,639 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

Berat Power Plant

$$\begin{aligned} W_{pp} &= 3180,000 \text{ ton} \\ KG_M &= 7,538 \text{ m} \\ LCG_M &= 0,466 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

Berat Consumable

$$\begin{aligned} W_{cons} &= 2042,661 \text{ ton} \\ KG_{cons} &= 5,973 \text{ m} \\ LCG_{cons} &= 89,682 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

Berat Permesinan

$$\begin{aligned} W_{mesin} &= 167,691 \text{ ton} \\ KG_{mesin} &= 6,710 \text{ m} \\ LCG_{mesin} &= -63,750 \text{ m} \quad ; \text{ dari Midship} \end{aligned}$$

Berat Ballast

$$\begin{aligned} W_{ballast} &= 8785,448 \text{ ton} \\ Kgballast &= 11,530 \text{ m} \\ LCG_{ballast} &= 1,189 \text{ m} \end{aligned}$$

Berat LWT

$$\begin{aligned} LWT &= W_{pp} + W_{ST} + W_{E\&O} + W_{mesin} + W_{ballast} \\ &= 22403,829 \text{ ton} \end{aligned}$$

Berat Total

$$\begin{aligned} W &= LWT + W_{cons} \\ &= 24446,490 \text{ ton} \end{aligned}$$

Perbandingan DWT+LWT dan Displacement

$$\begin{aligned} W &= 24446,490 \text{ ton} \\ Displ. &= 25397,911 \text{ ton} \\ Margin &= 951,421 \text{ ton} \\ &= 3,7460598 \% \end{aligned}$$

KG LWT

$$\begin{aligned} KG &= \frac{W_{ST} \cdot KG_{ST} + W_{E\&O} \cdot KG_{E\&O} + W_M \cdot KG_M + W_{cons} \cdot KG_{cons} + W_{payload} \cdot KG_{payload}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons} + W_{payload}} \\ &= \mathbf{9,5220632 \text{ m}} \end{aligned}$$

LCG LWT

$$\begin{aligned} LCG &= \frac{W_{ST} \cdot LCG_{ST} + W_{E\&O} \cdot LCG_{E\&O} + W_M \cdot LCG_M + W_{cons} \cdot LCG_{cons} + W_{payload} \cdot LCG_{payload}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_M + W_{cons} + W_{payload}} \\ &= \mathbf{0,7439468 \text{ m}} \end{aligned}$$

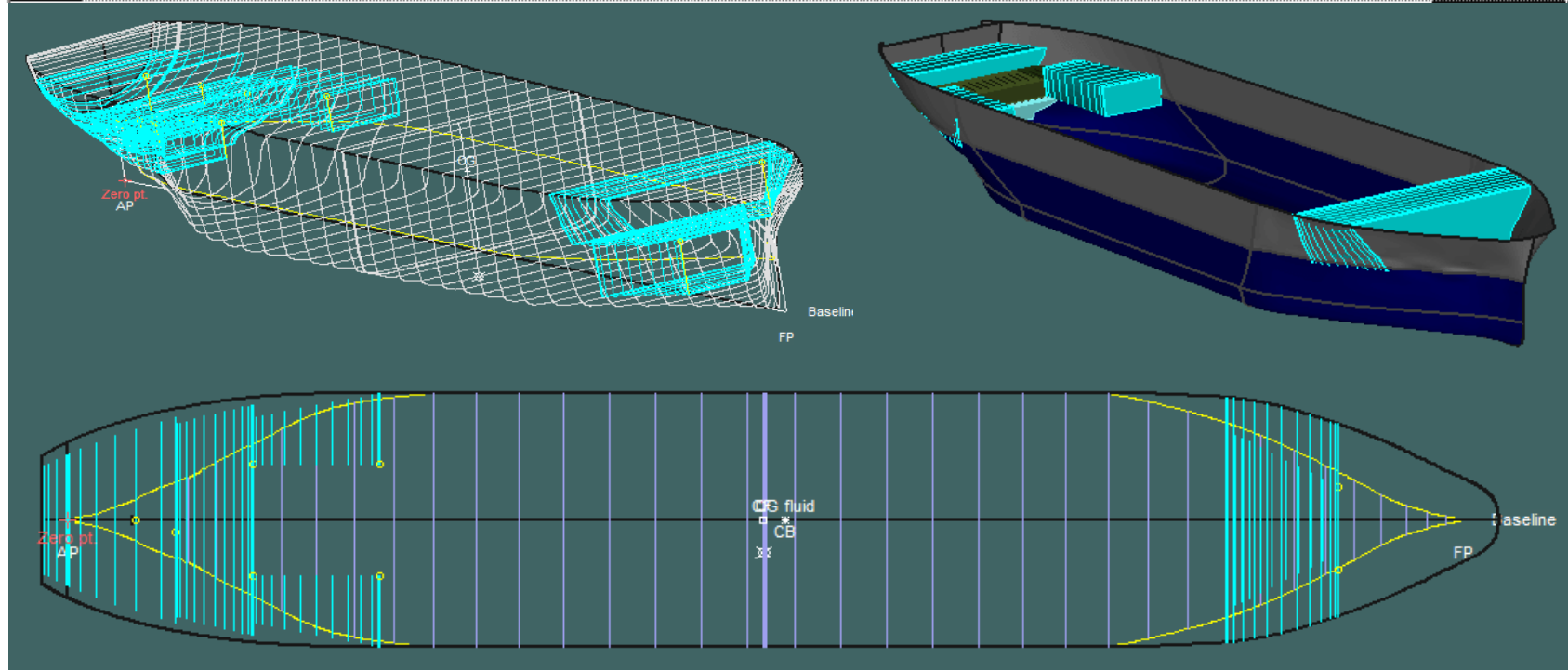
KG Total

$$KG = \mathbf{9,929 \text{ m}} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

LCG Total

$$LCG_{mid} = \mathbf{2,381 \text{ m}} \quad , \text{ dari Maxsurf Stability}$$

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m ³	Total Volume m ³	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	13607,206	13607,206			82,079	0,000	9,516	0,000	User Specific
2	FW Tank	100%	224,152	224,152	224,152	224,152	17,685	0,000	6,478	0,000	Maximum
3	LO Tank	100%	270,098	270,098	293,585	293,585	16,977	0,000	9,404	0,000	Maximum
4	Port FO Tank	100%	99,597	99,597	105,472	105,472	17,454	-9,367	9,512	0,000	Maximum
5	Stbd FO Tank	100%	99,597	99,597	105,472	105,472	17,454	9,367	9,512	0,000	Maximum
6	HFO Tank	100%	1345,137	1345,137	1222,852	1222,852	140,270	0,000	5,077	0,000	Maximum
7	ForeBallast	100%	4587,497	4587,497	2085,226	2085,226	140,253	0,000	12,702	0,000	Maximum
8	AftBallast	100%	2222,053	2222,053	1010,024	1010,024	6,178	0,000	9,748	0,000	Maximum
9	PortBallast	100%	986,490	986,490	448,405	448,405	29,320	-10,410	10,349	0,000	Maximum
10	StarboardBallast	100%	986,408	986,408	448,367	448,367	29,319	10,410	10,349	0,000	Maximum
11	Total Loadca			24428,236	5943,554	5943,554	83,205	0,000	9,929	0,000	
12	FS correction								0,000		
13	VCG fluid								9,929		



Perhitungan Trim

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data

$$\begin{aligned}L_{PP} &= 155,5 \text{ m} \\ B &= 31 \text{ m} \\ T &= 7 \text{ m} \\ C_M &= 0,9860164 \\ C_B &= 0,7060747 \\ C_{WP} &= 0,802 \\ \nabla &= 24778,45 \text{ m}^3 \\ KG &= 9,929 \text{ m} \\ LCG_{LWT FP} &= 78,479 \text{ m} \\ LCB_{\text{dari FP}} &= 75,314932 \text{ m}\end{aligned}$$

Sifat Hidrostatik

1. KB

$$\begin{aligned}KB/T &= 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B \\ & \text{Parametric Ship Design hal. 11 - 18} \\ &= 0,5335876\end{aligned}$$

$$KB = 3,7351134 \text{ m}$$

2. BM_T

$$\begin{aligned}C_I &= 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.041 \\ & \text{Transverse Inertia Coefficient} \\ & \text{Parametric Ship Design hal. 11 - 19} \\ &= 0,0564718\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}I_T &= C_I \cdot L_{PP} \cdot B^3 \\ &= 261605,6 \text{ m}^4\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}BM_T &= I_T / \nabla \quad ; \text{ jarak B dan M secara melintang} \\ &= 10,557787 \text{ m}\end{aligned}$$

3. BM_L

$$C_{IL} = 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$$

Longitudinal Inertia Coefficient

$$= 0,0462453$$

$$I_L = C_{IL} \cdot L_{PP}^3 \cdot B$$

$$= 5390398,2 \text{ m}^4$$

$$BM_L = I_L / \nabla \quad ; \text{ jarak B dan M secara melintang}$$

$$= 217,5438 \text{ m}$$

4. GM_L

$$= KB + BM_L - KG$$

$$= 211,34992$$

5. Trim = $\frac{(LCG - LCB) \cdot L_{PP}}{GM_L}$ Parametric Ship Design hal 11 - 27

$$= 2,3279522 \text{ m}$$

Kondisi Trim

Trim Buritan

6. Batasan Trim

$$\Delta (LCG - LCB)$$

$$= 3,1640675$$

$$0.05 \cdot L_{PP}$$

$$= 7,775$$

Kondisi Batasan Trim

Diterima

Perhitungan Lambung Timbul

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

$$H = 16 \text{ m}$$

$$d = 0.85 \cdot H \\ = 13,6 \text{ m}$$

$$L_{1(1)} = 96\% \cdot LWL_{0,85D} \\ = -$$

$$L_{1(2)} = L_{PP} \\ = 155,5 \text{ m}$$

$$L_1 = 155,5 \text{ m} ; L_1 \text{ diambil yang terbesar}$$

$$B = 31 \text{ m}$$

$$C_B = \frac{V}{L_1 \cdot B \cdot d} \\ = 0,7061$$

$$l_{FC} = 18,7079 \text{ m} ; \text{panjang forecastle}$$

Tipe Kapal

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship

$$\text{Tipe} = B$$

Lambung Timbul Standar (F_b)

*International Convention on Load Line 1996
as modified 1998 and 2003 - Table 28.2*

$$L_1 \text{ (m)} \Rightarrow F_b \text{ (mm)} \\ 155 \Rightarrow 2418 \text{ mm} \\ 156 \Rightarrow 2440 \text{ mm} \\ 155,5 \Rightarrow 2429 \text{ mm} \\ \Rightarrow 2,429 \text{ m}$$

Koreksi

1. Berdasarkan ICLL, panjang kapal lebih dari 100 m tidak memerlukan koreksi panjang

$$2. C_B ; C_B > 0.68 \\ F_{b2} = F_b \cdot \frac{C_B + 0.68}{1.36} \\ = 2475,5702 \text{ mm}$$

3. Depth (D)

$$L/15 = 10,366667$$

$$R = 250$$

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

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

jika, $D < L/15$; tidak ada koreksi

jika, $D > L/15$; $Fb_3 = Fb_2 + (R(H-(L/15)))$

$$F_{b3} = 3883,9036 \text{ mm}$$

Koreksi Bangunan Atas

1. Forecastle

$$L_1 \text{ (m)} \Leftrightarrow h_{st} \text{ (m)} \\ \text{more 125} \quad 2,3 \quad \text{m}$$

$$t_{FC} = 2,4 \text{ m}$$

karena $t_{FC} > h_{st}$ maka

$$E_{FC} = S_{FC} \\ = 18,708 \text{ m} \\ = 0,120308 \cdot L$$

2. Tidak terdapat Poop

Total Panjang Efektif

$$\begin{aligned} E &= E_{FC} + E_{PO} \\ &= 18,708 \text{ m} \\ &= 0,120308 \cdot L \end{aligned}$$

Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned} F_b' &= F_b + F_{b2} + F_{b3} \\ &= 8788,474 \text{ mm} \\ &= 8,788 \text{ m} \end{aligned}$$

Ketinggian Bow Minimum (B_{WM})

$$\begin{aligned} C_{B \min} &= 0,68 \\ C_B &= 0,706 \\ B_{WM} &= 56 \cdot L_1 \cdot \left(1 - \frac{L_1}{500}\right) \cdot \left(\frac{1.36}{C_B + 0.68}\right) \\ &= 5886,944 \text{ mm} \\ &= 5,887 \text{ m} \end{aligned}$$

Batasan

1. Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned} F_{ba} &= H - T \\ &= 9,000 \text{ m} \end{aligned}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Kondisi = Diterima

2. Ketinggian Bow

$$\begin{aligned} \text{Bow Height} &= F_{ba} + S_F + T_{FC} & S_F &= 0 \text{ m, tanpa sheer} \\ &= 11,400 \text{ m} \end{aligned}$$

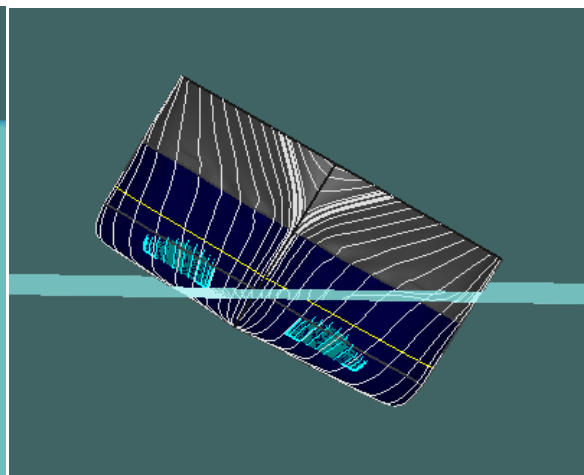
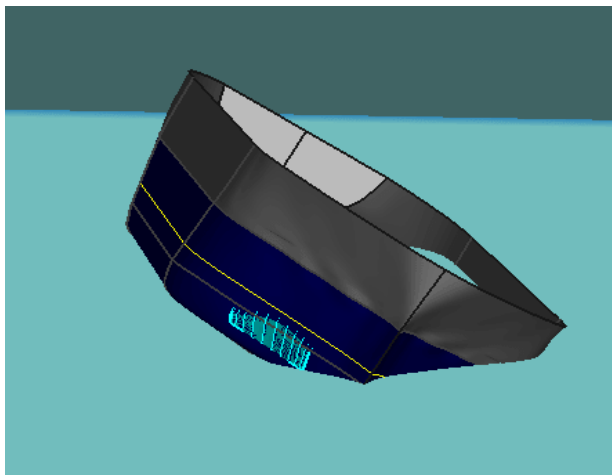
Ketinggian Bow harus lebih besar dari Ketinggian Bow Minimum

Kondisi = Diterima

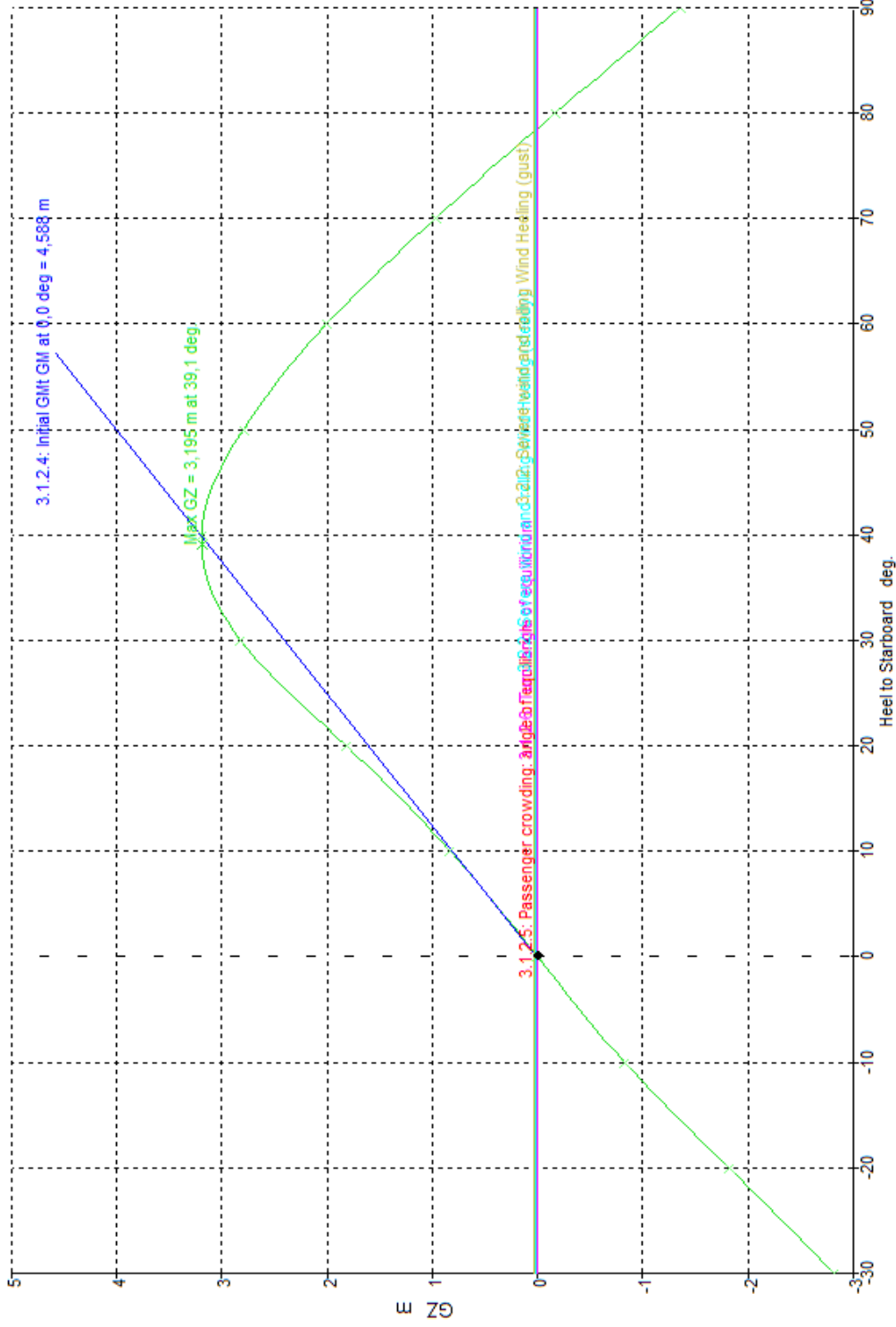
**HASIL PERHITUNGAN STABILITAS MENGGUNAKAN SOFTWARE MAXSURF
ADVANCED STABILITY**

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 30				Pass	
2		<i>from the greater of</i>					
3		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
4		<i>to the lesser of</i>					
5		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
6		angle of vanishing stability	78,6	deg			
7		shall not be less than (>=)	3,1513	m.deg	40,5813	Pass	+1187,76
8							
9	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 0 to 40				Pass	
10		<i>from the greater of</i>					
11		spec. heel angle	0,0	deg	0,0		
12		<i>to the lesser of</i>					
13		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
14		first downflooding angle	n/a	deg			
15		angle of vanishing stability	78,6	deg			
16		shall not be less than (>=)	5,1566	m.deg	71,3575	Pass	+1283,81
17							
18	A.749(18) C	3.1.2.1: Area 30 to 40				Pass	
19		<i>from the greater of</i>					
20		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
21		<i>to the lesser of</i>					
22		spec. heel angle	40,0	deg	40,0		
23		first downflooding angle	n/a	deg			
24		angle of vanishing stability	78,6	deg			
25		shall not be less than (>=)	1,7189	m.deg	30,7762	Pass	+1690,46
26							
27	A.749(18) C	3.1.2.2: Max GZ at 30 or great				Pass	
28		<i>in the range from the greater of</i>					
29		spec. heel angle	30,0	deg	30,0		
30		<i>to the lesser of</i>					
31		spec. heel angle	90,0	deg			
32		angle of max. GZ	39,1	deg	39,1		
33		shall not be less than (>=)	0,200	m	3,195	Pass	+1497,50
34		<i>Intermediate values</i>					
35		angle at which this GZ occurs		deg	39,1		
36							
37	A.749(18) C	3.1.2.3: Angle of maximum G				Pass	
38		shall not be less than (>=)	25,0	deg	39,1	Pass	+56,36
39							
40	A.749(18) C	3.1.2.4: Initial GMT				Pass	
41		spec. heel angle	0,0	deg			
42		shall not be less than (>=)	0,150	m	4,588	Pass	+2958,67
43							
44	A.749(18) C	3.1.2.5: Passenger crowding:				Pass	
45		<i>Pass. crowding arm = nPass M /</i>					
46		<i>number of passengers: nPass =</i>	0				
47		<i>passenger mass: M =</i>	0,075	tonne			
48		<i>distance from centre line: D =</i>	0,000	m			
49		<i>cosine power: n =</i>	0				
50		shall not be greater than (<=)	10,0	deg	0,0	Pass	+100,01
51		<i>Intermediate values</i>					
52		Heel arm amplitude		m	0,000		
53							
54	A.749(18) C	3.1.2.6: Turn: angle of equilib				Pass	
55		<i>Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n$</i>					
56		<i>constant: a =</i>	0,9996				
57		<i>vessel speed: v =</i>	0,000	kn			
58		<i>turn radius, R, as percentage of</i>	510,00	%			

59		$h = KG - \text{mean draft} / 2$	6,550	m			
60		cosine power: $n =$	0				
61		shall not be greater than (<=)	10,0	deg	0,0	Pass	+100,01
62		<i>Intermediate values</i>					
63		Heel arm amplitude		m	0,000		
64							
65	A.749(18) C	3.2.2: Severe wind and rollin				Pass	
66		<i>Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp}$</i>					
67		constant: $a =$	0,99966				
68		wind pressure: $P =$	504,0	Pa			
69		area centroid height (from zero p	6,000	m			
70		additional area: $A =$	50,000	m ²			
71		$H = \text{vert. centre of projected lat.}$	3,417	m			
72		cosine power: $n =$	0				
73		gust ratio	1,5				
74		<i>Area2 integrated to the lesser of</i>					
75		roll back angle from equilibrium (25,0 (-24,7)	deg	-24,7		
76		<i>Area 1 upper integration range, t</i>					
77		spec. heel angle	50,0	deg	50,0		
78		first downflooding angle	n/a	deg			
79		angle of vanishing stability (with	78,2	deg			
80		<i>Angle for GZ(max) in GZ ratio, t</i>					
81		angle of max. GZ	39,1	deg	39,1		
82		Select required angle for angle o	DeckEdgelm				
83		Criteria:				Pass	
84		Angle of steady heel shall no	16,0	deg	0,3	Pass	+97,94
85		Angle of steady heel / Deck e	80,00	%	1,04	Pass	+98,70
86		Area1 / Area2 shall not be le	100,00	%	360,19	Pass	+260,19
87		<i>Intermediate values</i>					
88		Model windage area		m ²	1532,228		
89		Model windage area centroid hei		m	11,404		
90		Total windage area		m ²	1582,228		
91		Total windage area centroid heig		m	11,234		
92		Heel arm amplitude		m	0,026		
93		Equilibrium angle with steady he		deg	0,3		
94		Equilibrium angle with gust heel a		deg	0,5		
95		Deck edge immersion angle		deg	31,5		
96		Area1 (under GZ), from 0,5 to 5		m.deg	101,8303		
97		Area1 (under HA), from 0,5 to 5		m.deg	1,9316		
98		Area1, from 0,5 to 50,0 deg.		m.deg	99,8986		
99		Area2 (under GZ), from -24,7 to		m.deg	-26,7533		
100		Area2 (under HA), from -24,7 to		m.deg	0,9819		
101		Area2, from -24,7 to 0,5 deg.		m.deg	27,7352		
102							



Stability	
█	GZ
█	3.1.2.4: Initial GMt GM at 0,0 deg = 4,588 m
█	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium
█	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium
█	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (steady)
█	3.2.2: Severe wind and rolling Wind Heeling (gust)
█	Max GZ = 3,195 m at 39,1 deg.



GZ = 0,000 m Heel to Starboard = 0,000 deg. Area (from zero heel) = 0,0001259 m. deg.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1. Pendahuluan

Pada Bab 5 ini berisi beberapa hal meliputi hasil kesimpulan dari seluruh proses desain kapal pembangkit listrik tenaga gas yang telah dilakukan dan dibahas pada bab sebelumnya serta berisikan saran yang dapat digunakan untuk penelitian selanjutnya.

V.2. Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang didapatkan dari pengerjaan Tugas Akhir ini, adalah :

1. Defisit listrik terbesar di Indonesia terjadi di daerah Sumatera Selatan-Bengkulu-Lampung, yaitu sebesar 140,9499 MW. Sehingga ditentukan *output* daya listrik dari kapal yang didesain sebesar 144 MW.
2. Ukuran Utama Kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain yaitu :
 - Lpp (Panjang) = 155,5 m
 - B (Lebar) = 31 m
 - H (Tinggi) = 16 m
 - T (Sarat) = 7 m
3. Perhitungan teknis yang dilakukan telah memenuhi.
 - Perhitungan berat yang telah dilakukan menghasilkan margin berat sebesar 3,79 %. *Displacement* kapal adalah 25397,911 ton dan berat kapal (LWT+DWT) adalah 24435,315 ton. Sehingga perhitungan berat diterima.
 - Perhitungan *trim* yang telah dilakukan menghasilkan hasil 2,328 m, sedangkan batasan *trim* maksimal adalah sebesar 3,164 m. Sehingga perhitungan *trim* telah memenuhi.
 - Perhitungan lambung timbul yang telah dilakukan menghasilkan batasan lambung timbul sebesar 8,788 m, sedangkan lambung timbul kapal sebenarnya adalah 9 m. Sehingga perhitungan lambung timbul diterima.
 - Perhitungan stabilitas yang dilakukan menggunakan acuan regulasi dari IMO IS Code 2008. Hasil yang didapatkan semua parameter stabilitas telah terpenuhi.
4. Desain *Lines Plan* telah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.
5. Desain *General Arrangement* telah dibuat dan dilampirkan pada lampiran.

V.3. Saran

Dalam pengerjaan sebuah Tugas Akhir, pasti terdapat kelebihan dan kekurangan. Kekurangan yang ada dapat dijadikan saran untuk dikembangkan menjadi penelitian yang baru. Maka untuk penyempurnaan disarankan untuk melakukan beberapa hal, antara lain:

1. Perhitungan berat masih dilakukan dengan menggunakan cara pendekatan.
2. Masih perlunya pengkajian ulang tentang sistem pembangkit listrik tenaga gas yang digunakan pada kapal pembangkit listrik tenaga gas yang didesain.
3. Belum dilakukan pembahasan perhitungan kontruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.
4. Desain dan perhitungan detail propeller dan stern tube agar dapat menemukan ukuran propeller yang memiliki efisiensi tertinggi dan tidak terjadi kavitasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Admin. (2013, Mei 9). *Perbedaan Solar HSD, MFO, dan IDO*. Dipetik April 7, 2016, dari Jual Solar Industri Surabaya: <http://solarindustrisurabaya.com>
- Anto. (2015, Desember 29). *Selain Atasi Krisis Listrik, Ini Manfaat Lain Kapal Asal Turki di Sulut Menurut Sumarsono*. Dipetik April 18, 2016, dari Manado Line: <http://manadoline.com/selain-atasi-krisis-listrik-ini-manfaat-lain-kapal-asal-turki-di-sulut-menurut-sumarsono/>
- Ardhian, M., & Nafi, M. (2015, Desember 8). *Pengadaan Pembangkit Listrik Terapung Diduga Penuh Kejanggalkan*. Dipetik Februari 11, 2016, dari Katadata: <http://katadata.co.id>
- Aryadiandra, R. (2015). *Desain Kapal Penyeberang sebagai Sarana Transportasi, Rekreasi, dan Edukasi di Pulau Giliyang, Kabupaten Sumenep-Madura*. Surabaya: ITS.
- BMKG. (2016). *Prakiraan Gelombang rata-rata mingguan*. Jakarta.
- Gani, D. (2013, September 5). *Keuntungan dan Kerugian masing-masing Pembangkit Listrik*. Dipetik Mei 26, 2016, dari Universitas Negeri Gorontalo: <http://mahasiswa.ung.ac.id>
- H. Schneekluth, V. B. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Woburn: Butterworth Heinemann.
- Hafiz, M. R. (2014). Tugas Akhir Jurusan Teknik Perkapalan FTK ITS. *Desain Kapal Penumpang Barang Untuk Pelayaran Gresik-Bawean*, 11.
- Hariyanto, D. (2015). *Desain Power Plant Barge 20 MW Tenaga Gas sebagai Unit Pembantu Wilayah Kabupaten Kepulauan Selayar Sulawesi Selatan*. Surabaya: ITS.
- IACS Ltd. (2016). *Interpretations of the International Convention on Load Lines, 1966*. London: International Association of Classification Societies.
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Lewis, E. V. (1988). *Principle of naval Architecture Volume I*. Jersey City, NJ: The Society of naval Architects & Marine Engineers.

- Lewis, E. V. (1988). *Principles of Naval Architecture Volume II*. Jersey City, NJ: The Society of Naval Architect and Marine Engineers.
- Najamudin, H. (2011). *Bahan Ajar Perancangan Pembangkit Listrik*.
- Parsons, M. G. (2003). *Parametric Design Chapter 11 in Ship Design and Construction*. New York: Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Said, S. (2016, Februari 28). *Program Indonesia Terang, Melistriki Wilayah Timur Indonesia*. Dipetik Mei 4, 2016, dari detik.com: <http://news.detik.com/berita/3152752/program-indonesia-terang-melistriki-wilayah-timur-indonesia>
- Sandi, V. H., Yulio, Y. A., Yusra, R. M., Suryadi, R., & Syaflwanur. (2015). *Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG)*. Dipetik Februari 11, 2016, dari Institut Teknologi Padang: <http://alfith.itp.ac.id>
- Suhardjito, G. (t.thn.). *Handout Rencana Umum*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Sujatmiko. (2016, Februari 28). *Program Indonesia Terang Segera Direalisasikan*. Dipetik Mei 26, 2016, dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: <http://www.esdm.go.id>
- Taggart, R. (1980). *Ship Design and Construction*. New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Tim Kompas. (2015, November 16). *Kondisi Cadangan Listrik Indonesia Mengkhawatirkan*. Dipetik Februari 14, 2016, dari Kompas: <http://kompas100.print.kompas.com>
- Watson, D. G. (1998). *Practical Ship Design*. Kidlington: Elsevier.
- Wicaksono, P. E. (2015, Desember 8). *PLN Sewa Pembangkit Listrik Terapung dari Turki*. Dipetik Februari 11, 2016, dari Liputan6: <http://bisnis.liputan6.com>

BIODATA PENULIS



Penulis dilahirkan di Kudus pada hari Minggu tanggal 14 Agustus 1994 dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara. Putra pasangan Bapak Muhammad Faris RM dan Ibu Husna ini menempuh pendidikan mulai dari TK Wanita Islam Kudus (1997-2000), SD Muhammadiyah Pasuruhan Kidul Kudus (2000-2006), SMP Negeri 2 Kudus (2006-2009), MAN 2 Kudus (2009-2012), dan kemudian melanjutkan ke S1 Teknik Perkapalan Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (2012-2016). Dijurusan Teknik Perkapalan penulis mengambil bidang keahlian Desain Kapal-Rekayasa Perkapalan yang menitik beratkan pada proses desain kapal.

Selama empat tahun masa studi, penulis banyak terlibat dalam kegiatan kampus yang menunjang pengembangan diri diluar kemampuan akademik. Penulis pernah menjabat sebagai Ketua Departemen Komunikasi dan Informasi Himpunan Mahasiswa Teknik Perkapalan pada periode 2014-2015. Selain mengikuti organisasi kampus, penulis juga aktif dalam kepanitiaan kegiatan-kegiatan kampus dari yang berskala Nasional hingga Internasional. Seperti Semarak Mahasiswa Perkapalan (SAMPAN) 7 dan 8 ITS, *International Conference on Ship and Offshore Technology (ICSOT) 2015*, dan beberapa kegiatan kampus lainnya.

Email : kamal.akun@gmail.com