TUGAS AKHIR – MN 184802

KONSEP DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TERAPUNG UNTUK PULAU RAAS, KABUPATEN SUMENEP

Hilmi Firmansyah
NRP 04111240000027

Dosen Pembimbing
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

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

TUGAS AKHIR – MN 184802

KONSEP DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TERAPUNG UNTUK PULAU RAAS, KABUPATEN SUMENEP

Hilmi Firmansyah
NRP 04111240000027

Dosen Pembimbing
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

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

FINAL PROJECT – MN184802

CONCEPT DESIGN OF FLOATING POWER PLANT FOR RAAS ISLAND, SUMENEP DISTRICT

Hilmi Firmansyah
NRP 04111240000027

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

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2020

LEMBAR PENGESAHAN

KONSEP DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TERAPUNG UNTUK PULAU RAAS, KABUPATEN SUMENEP

TUGAS AKHIR

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

Oleh:

HILMI FIRMANSYAH
NRP 04111240000027

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing

Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
NIP 19761029 200212 1 003

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

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

SURABAYA, 21 JANUARI 2020

LEMBAR REVISI

KONSEP DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TERAPUNG UNTUK PULAU RAAS, KABUPATEN SUMENEP

TUGAS AKHIR
Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 7 Januari 2020

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

Oleh:

HILMI FIRMANSYAH
NRP 04111240000027

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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

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

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

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. ………………………………………

SURABAYA, 21 JANUARI 2020

Tugas akhir ini kupersembahkan untuk ayah, ibu, istri, dan juga anaku.

KATA PENGANTAR

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

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

1. Bapak Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Totok Yulianto, S.T., M.T. dan Bapak Bapak Danu Utama, S.T., M.T. selaku dosen penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Ibu, Ayah, Istri, dan anaku yang selalu mendoakan dan menyemangatiku dikala mengerjakan Tugas Akhir;
5. Rekan-rekan seperjuangan dalam pengerjaan Tugas Akhir;

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

Surabaya, 21 Januari 2020

Penulis

KONSEP DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TERAPUNG UNTUK PULAU RAAS, KABUPATEN SUMENEP

Nama Mahasiswa	:	Hilmi Firmansyah
NRP	:	04111240000027
Departemen / Fakultas	:	Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing	:	Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

ABSTRAK

Energi listrik merupakan sesuatu yang akrab dengan kehidupan manusia dimana aktivitas manusia sebagian besar membutuhkan energi. Sebagai negara kepulauan, Indonesia masih kurang akan pasokan listrik. Kondisi ini disebabkan oleh beberapa faktor, diantaranya karena kurang meratanya pembangunan pada beberapa daerah di Indonesia. Salah satu daerah yang belum mendapatkan listrik secara merata adalah Pulau Raas. Pulau ini hanya menerima pasokan listrik untuk 12 jam saja setiap hari. Dalam tugas akhir ini akan didesain Pembangkit Listrik Terapung sebagai unit pembantu untuk Pulau Raas. Listrik yang digunakan diasumsikan berguna untuk memenuhi kebutuhan listrik di Pulau Raas untuk 20 tahun kedepan. Dalam Tugas Akhir ini di peroleh *payload* untuk Pulau Raas di tahun 2036 sebesar 15,07 MW. Dengan menggunakan metode geosim didapatkan ukuran utama utama pembangkit listrik terapung sebesar L = 53 m, B = 24,2 m, T = 2,1 m, H = 3,9 m. Selanjutnya dari ukuran utama yang diperoleh dibuat Gambar Rencana Garis, Gambar Rencana Umum, Model 3D, serta melakukan analisis ekonomisnya.

Kata kunci: Pembangkit Listrik Terapung, Pulau Raas, konsep desain.

CONCEPT DESIGN OF FLOATING POWER DESIGN FOR RAAS ISLAND, SUMENEP

Author	: Hilmi Firmansyah
Student Number	: 04111240000027
Department / Faculty	: Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor	: Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

ABSTRACT

Electrical energy is something that is familiar with human life where most human activities require energy. As an archipelago, Indonesia is still lacking in electricity supply. This condition is caused by several factors, including the lack of equitable development in several regions in Indonesia. One area that has not received electricity evenly is Raas Island. The island only receives electricity for 12 hours each day. In this final project, a Floating Power Plant will be designed as a supporting unit for Raas Island. The electricity used is assumed to be useful to meet electricity needs on Raas Island for the next 20 years. In this Final Project, the payload for Raas Island in 2036 is 15.07 MW. Using the geosim method, the main main size of the floating power plant is L = 53 m, B = 24.2 m, T = 2.1 m, H = 3.9 m. Furthermore, from the main measurements obtained, draw Lines Plan, General Arrangemet, 3D Model, and conduct an economic analysis.

Keywords: Floating Power Plant, Raas Island, design concept.

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN iii
LEMBAR REVISI iv
HALAMAN PERUNTUKAN v
KATA PENGANTAR vi
ABSTRAK vii
ABSTRACT viii
DAFTAR ISI ix
DAFTAR GAMBAR xii
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR SIMBOL xiv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang Masalah 1
1.2 Perumusan Masalah 2
1.3 Tujuan 2
1.4 Batasan Masalah 2
1.5 Manfaat 3
1.6 Hipotesis 3
BAB 2 STUDI LITERATUR 5
2.1 Listrik 5
2.1.1 Pengertian Listrik 5
2.1.2 Energi Listrik 5
2.1.3 Daya Listrik 6
2.1.4 Arus Listrik 6
2.2 Proses Pembangkit Listrik 7
2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Gas 8
2.4 Gas Alam (*Natural Gas)* 8
2.5 Gas Alam Cair *(Liquified Natural Gas)* 9
2.6 Teori Konsep Desain 10
2.7 Metode Desain Kapal 13
2.7.1 Parent Design Approach 13
2.7.2 Trend Curve Approach 13
2.7.3 Iteratif Design Approach 13
2.7.4 Parametric Design Approach 14
2.7.5 Optimation Design Approach 14
2.8 Perhitungan Teknis Desain Kapal 14
2.9 Rasio Ukuran Utama dan Koefisien 16
2.10 Berat dan Titik Berat Kapal 18
2.11 Lambung Timbul Kapal 25
2.12 Stabilitas Kapal 27
2.13 Trim Kapal 28
2.14 Floating Power Plant 29
2.14.1 Power Ship 29
2.14.2 Power Barge 30

2.14.3 Perbandingan Antara Dibangun di Darat dan Di Laut 31
2.15 Layout Awal 32
2.16 Sistem Penambatan (*Mooring System*) 32
BAB 3 METODOLOGI 35
3.1 Bagan Alir 35
3.2 Tahap Pengerjaan 36
3.2.1 Studi Literatur 36
3.2.2 Pengumpulan Data 36
3.2.3 Pengolahan Data 36
3.2.4 Pentuan Kapasitas Pembangkit 36
3.2.5 Penentuan Pola Operasi 36
3.2.6 Penetuan Ukuran Utama 36
3.2.7 Perhitungan Teknis 37
3.2.8 Pengecekan Batasan 37
3.2.9 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum 37
3.2.10 Analisis Ekonomis 37
BAB 4 ANALISIS DAN PEMBAHASAN 39
4.1 Kondisi Daerah 39
4.2 Kondisi Perairan 40
4.3 Kondisi Kelistrikan 40
4.4 Kebutuhan Listrik 41
4.5 Penentuan Payload 42
4.6 Prencanaan Desain Kapal 44
4.6.1 Penentuan Ukuran Utama 44
4.6.2 Penentuan Generator Set 44
4.7 Perhitungan Teknis 45
4.7.1 Perhitungan Kapasitas Tangki Bahan Bakar 45
4.7.2 Perhitungan Berat Kapal 45
4.7.3 Perhitungan Berat Komponen Listrik Utama 47
4.7.4 Titik Berat Komponen Listrik 48
4.7.5 Perhitungan Berat Consumable 48
4.7.6 Perhitungan Peralatan dan Perlengkapan 50
4.7.7 Perhitungan Berat Total 51
4.7.8 Perhitungan Freeboard 51
4.7.9 Perhitungan Trim 52
4.7.10 Perhitungan Stabilitas 54
4.7.11 Crew dan Operasional Power Plant Barge 54
4.8 Penentuan Lokasi 55
4.9 Sistem Penambatan 56
4.10 Pembuatan *Lines Plan* 56
4.11 Pembuatan General Arrangement 61
4.12 Pembuatan 3D Model 64
4.13 Analisis Ekonomis 65
4.13.1 Biaya Investasi 65
4.13.2 Biaya Operasional 65
4.13.3 Produksi Biaya Listrik Per KwH 67
4.13.4 Analisis Sensitivitas 67
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 69
5.1 Kesimpulan 69

5.2 Saran 69
DAFTAR PUSTAKA 70
Lampiran 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Empat belas negara penghasil gas terebesar dunia 9
Gambar 2.2 Proses pencairan dan regasifikasi LNG di terminal LNG.................................. 10
Gambar 2.3 *Basic design Spiral*... 11
Gambar 2.4 Harga koefisien *deckhouse*.. 19
Gambar 2.5 Estimasi berat h*atch cover* 21
Gambar 2.6 Estimasi berat c*rane*... 21
Gambar 2.7 MV Kradeniz Powership Rauf Bey... 29
Gambar 2.8 MV Desain Power Barge 30
Gambar 2.9 *Layout* awal kapal 32
Gambar 2.10 Contoh sistem penambatan (*mooring system*)... 32
Gambar 3.1 Diagram alir metodologi pengerjaan.. 35
Gambar 4.1 Lokasi Pulau Raas.. 39
Gambar 4.2 Kebutuhan listrik di Pulau Raas 20 tahun yang akan datang 43
Gambar 4.3 Lokasi penempatan kapal pembangkit listrik... 55
Gambar 4.4 Penambatan pembangkit listrik terapung... 56
Gambar 4.5 Model dan rencana garis yang akan dibuat 57
Gambar 4.6 Tab size surface.. 58
Gambar 4.7 Pengaturan jumlah *section, buttock,* dan *waterline*... 58
Gambar 4.8 Pengaturan sarat dari model dalam maxurf.. 59
Gambar 4.9 Perhitungan hidrostatik maxurf... 60
Gambar 4.10 Rencana garis 61
Gambar 4.11 Rencana umum... 63
Gambar 4.12 Tampak belakang isometric 64
Gambar 4.13 Tampak depan isometric 65
Gambar 4.14 Grafik analisis sensitivitas Kapal Newgate.. 68

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Koefisien displacement berdasarkan tipe kapal 15
Tabel 2.2 Harga koefisien *superstrcture* 19
Tabel 2.3 Harga koreksi F_5 untuk kapal tipe B 26
Tabel 4.1 Jumlah KK dan suplai penerimaan listrik Pulau Raas 40
Tabel 4.2 Data Kebutuhan Listrik untuk Perindustrian 41
Tabel 4.3 Data Kebutuhan Listrik Perkantoran di Pulau Raas 41
Tabel 4.4 Total belum berlistrik di Pulau Raas tahun 2016 42
Tabel 4.5 Jumlah KK dan suplai penerimaan listrik Pulau Raas 42
Tabel 4.6 Total belum berlistrik di Pulau Raas tahun 2017 43
Tabel 4.7 Persentase kebutuhan listrik per tahun 43
Tabel 4.8 Rencana awal kebutuhan listrik Pulau Raas 44
Tabel 4.9 Spesifikasi *genset* 45
Tabel 4.10 Hasil perhitungan stabilitas 54
Tabel 4.11 Tabel biaya investasi 65
Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Operasional Kapal 66
Tabel 4.13 Perhitungan biaya depresiasi 66
Tabel 4.14 Biaya produksi kapal per Kwh 67

DAFTAR SIMBOL

Loa = length over all	[m]
Lpp = length between perpendicular	[m]
Lwl = length of water line	[m]
AP = after perpendicular	[m]
FP = fore perpendicular	[m]
B = breath	[m]
T = Draught	[m]
H = Depht	[m]
Fn = froude number	
g = percepatan gravitasi	[m/s^2]
Cb = block coefficient	
Cm = midship coefficient	
Cwp = waterplane coefficient	
Cp = prismatic coefficient	
LWT = light weigth tonnage	[ton]
DWT = dead weigth tonnage	[ton]
LCG = longitudinal centre of gravity	[m]
KG = keel gravity	[m]
LCB = centre of booyancy	[m]
KB = titik tekan buoyancy terhadap keel	[m]
F = freeboard	[m]
BHP = break horse power	[Hp]
S = jarak pelayaran	[mil laut]
Vs = kecepatan dinas	[knot]
Zc = jumlah crew	
Pfo = berat bahan bakar mesin induk	[ton]
Pme = BHP mesin induk	[kW]
bme = coef pemakaian bahan bakar mesin induk	[g/ kw.h]
S = jarak radius pelayaran	[mil laut]
Vs = kecepatan dinas	[knot]
Cfo = faktor cadangan	
Vlo = volume fuel oil	
Pfw = berat air tawar	[ton]
Cfw = koefisien pemakaian air tawar	
Pp = berat provition	[ton]
Cp = koefisien kebutuhan konsumsi	
Woa = Berat Cadangan	[ton]
KB = titik tekan buoyancy terhadap keel	[m]
Rt = tahanan total kapal	[kN]
Vs = kecepatan kapal	[m/s]

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Indonesia merupakan negara yang memiliki luas wilayah yang besar dengan penduduk sekitar dua ratus juta jiwa. Hal ini membuat Indonesia membutuhkan pasokan listrik yang besar untuk memenuhi kebutuhan penduduknya. Kondisi lainnya, Indonesia sebagai sebuah negara Kepulauan memiliki banyak Pulau yang dihuni oleh penduduknya yang juga membutuhkan energi listrik. Sebuah tantangan bagi Indonesia untuk mencukupi pasokan listrik di seluruh wilayahnya. Dalam beberapa kali pengumuman PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero) menyampaikan misinya untuk menghasilkan listrik sebesar 35.000 MW pada beberapa tahun kedepan demi mencukupi kebutuhan listrik Indonesia (PT. PLN (persero), 2019). Untuk mewujudkan misi tersebut, PT. PLN membangun beberapa pembangkit listrik di beberapa daerah di Indonesia serta menyewa kapal pembakit listrik. Kapal pembangkit listrik dinilai sesuai dengan kondisi wilayah Indonesia yang berupa Kepulauan.

Sebagai penyelenggara jasa layanan kelistrikan, PT. PLN mempunyai peranan yang sangat strategis dalam memenuhi kebutuhan pasokan listrik nasional karena listrik merupakan kebutuhan dasar dalam aspek kehidupan bangsa dan negara. Sebagai salah satu bentuk energi yang sudah siap dipergunakan oleh konsumen, tenaga listrik juga merupakan salah satu faktor yang menentukan untuk mencapai sasaran pembangunan nasional dan penggerak roda perekonomian negara.

Namun hingga saat ini masih ada beberapa pulau di Indonesia yang kekurangan pasokan listrik. Seperti yang terjadi di wilayah Pulau Raas yang masih belum mendapatkan listrik sepenuhnya. Berdasarkan studi sebelumnya dilakukan pembuatan konseptual desain dengan kapasitas listrik yang dibutuhkan untuk Pulau Raas sebesar 7.25 MW (Shovi, 2016). Kapal yang dibuat memiliki ukuran utama Lp=52.2m, B=18.2m, H=3.9m, T=1.9m. Selanjutnya dibuatlah desain menggunakan 2 *genset* dengan kapasitas masing-masing sebesar 8.98 MW. Sayangnya dalam Tugas Akhir tersebut tidak didapati alasan kenapa menggunakan 2 *genset* dengan ukuran 8.98 MW. Kelebihan genset tadi menimbulkan biaya lebih yang tidak diperlukan dan bisa digunakan untuk hal lain seperti *maintenance genset*.

Penelitian tersebut juga tidak menjelaskan sampai berapa tahun daya listrik 2x8.98 MW bisa digunakan.

Berdasarkan permasalahan di atas akan didesain ulang terkait *payload* dalam hal ini adalah daya listrik yang bisa digunakan untuk 20 tahun kedepan serta jumlah genset yang akan digunakan pada pembangkit listrik untuk mengatasi kekurangan listrik di Pulau Raas.

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang masalah di atas permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimana menentukan *payload* atau daya listrik yang diperlukan untuk 20 tahun ke depan?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama pembangkit listrik?
3. Bagaimana menentukan lokasi penempatan kapal pembangkit listrik?
4. Bagaimana sistem penambatan (*mooring system*) pembangkit listrik?
5. Bagaimana membuat desain Rencana Garis (*Lines Plan*) kapal, Rencana Umum (*General Arrangement*) dan 3D pembangkit listrik?
6. Bagaimana analisis ekonomis pembangkit listrik?

1.3 Tujuan

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

1. Mendapatkan *payload* atau daya listrik untuk kurun waktu 20 tahun yang akan datang.
2. Mendapatkan ukuran utama pembangkit listrik terapung.
3. Menentukan lokasi penempatan pembangkit listrik terapung.
4. Menentukan sistem penambatan (*mooring system*).
5. Mendapatkan desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan 3D model pembangkit listrik terapung.
6. Mendapatkan analisis ekonomis pembangkit listrik.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas *concept design.*
2. Perhitungan konstruksi diabaikan.
3. Jenis kapal yang digunakan adalah *barge.*

1.5 Manfaat

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

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan dunia pendidikan di Indonesia.
2. Secara praktek, diharapkan hasil dari pengerjaan Tugas Akhir ini dapat menyediakan kapal pembangkit listrik terapung sehingga dapat mengatasi kekurangan pasokan di pulau terpencil.

1.6 Hipotesis

Payload atau daya listrik yang dibutuhkan oleh Pulau Raas selama 20 tahun kedepan adalah 9,36MW. Kapasitas tersebut dibagi kedalam 3 genset dengan masing masing daya sejumlah 3,12MW. Hasil dari konsep desain ini akan membantu pasokan listrik di Pulau Raas.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2
STUDI LITERATUR

2.1 Listrik

2.1.1 Pengertian Listrik

Listrik adalah suatu muatan yang terdiri dari muatan positif dan muatan negatif. Arus listrik merupakan muatan listrik yang bergerak dari tempat yang berpotensial tinggi ke tempat berpotensial rendah, melewati suatu penghatar listrik. Media penghatar listrik salah satunya ialah media yang terbuat dari bahan logam, yaitu elektron bebas berpindah dari satu atom ke atom logam berikutnya, sedangkan pada media air elektron dibawa oleh elektrolit yang terkandung dalam media air tersebut.

Perlu adanya proses untuk pembangkit listrik. Proses pembangkitan listrik adalah mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh mesin penggerak generator menjadi energi listrik oleh generator sinkron (Marsudi, 2005). Di mana mesin penggerak generator ini bisa berupa mesin thermal, yaitu mesin yang mendapat energi dari proses pembakaran bahan bakar seperti mesin diesel atau turbin air/angin, yang di mana energi didapat dari energi alam seperti aliran air atau angin untuk memutar turbin.

2.1.2 Energi Listrik

Energi merupakan suatu kemampuan untuk melakukan kerja. Ada berbagai jenis energi, misal energi mekanis, energi kimia, energi listrik, juga energi panas. Energi-energi tersebut tidak dapat diciptakan ataupun dimusnahkan, namun sangat mudah untuk berubah bentuk. Hal ini sesuai dengan hukum kekekalan energi. Satuan energi menurut Satuan Internasional adalah Joule, selain itu energi juga dinyatakan dalam kalori, British Unit Thermal (BTU), dan Watt Hour.

Dari segi pemakaian, energi diklasifikasikan menjadi dua golongan yaitu energi primer dan energi sekunder. Energi yang langsung diberikan oleh alam dalam wujud aslinya dan belum mengalami perubahan disebut sebagai energi primer. Contoh dari energi primer ini adalah gas bumi, minyak mentah, tenaga air, batu bara, dan lain-lain. Sementara energi sekunder adalah energi yang berasal dari energi primer yang telah diubah melalui proses teknologi menjadi bentuk energi yang lebih mudah atau praktis digunakan. Contoh dari energi sekunder ini adalah minyak tanah, kokas, listrik, dan lain-lain.

Energi listrik merupakan suatu bentuk yang berasal dari sumber arus yang biasnya dinyatajan dalam Watt hour. Energi yang digunakan oleh peralatan listrik merupakan laju

penggunaan energi (daya) dikalikan dengan waktu selama peralatan tersebut digunakan. Secara matematis dapat dituliskan pada persamaan 2.1 :

$$\text{Power} \times \text{Time} = \text{Energi} \quad (2.1)$$

Dimana :

Power : merupakan daya peralatan listrik (Watt)

Time : merupakan waktu selama peralatan digunakan (jam/hour)

Energy : merupakan energi listrik yang dikonsumsi peratan listrik (Watt hour)

2.1.3 Daya Listrik

Daya merupakan energi yang diperlukan untuk melakukan usaha atau kerja. Daya listrik biasanya dinyatakan dalam Watt. Secara sistematis, besarnya daya listrik dapat dituliskan pada persamaan 2.2 :

$$P = V \times I \quad (2.2)$$

Dimana :

P : merupakan daya listrik (Watt)

V : merupakan tegangan (volt)

I : merupakan arus listrik (ampere)

Daya listrik adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersbut. Dengan kata lain, daya listrik adalah tingkat konsumsi energi dalam sebuah rangkaian listrik.

2.1.4 Arus Listrik

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau Ampere. Contoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisar dari yang sangat lemah dalam satuan mikro Ampere seperti didalam jaringan tubuh hingga arus yang sangat kuat 1-200 kilo Ampere (kA) seperti yang terjadi pada petir.

Dalam kebanyakan sirkuit arus searah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada voltase dan

resistansi sesuai dengan hukum Ohm. Arus listrik merupakan satu dari tujuh satuan pokok dalam satuan internasional. Satuan internasional untuk arus listrik adalah Ampere (A). Secara formal satuan Ampere didefinisikan sebagai arus konstan yang, bila dipertahankan, akan menghasilkan gaya sebesar $2x10^{-7}$ Newton/meter di antara dua penghantar lurus sejajar, dengan luas penampang yang dapat diabaikan, berjarak 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa udara.

Arus listrik bisa dibedakan menjadi dua jenis yaitu AC dan DC. Arus AC (Alternating Current), adalah listrik yang besar dan arah arusnyha berubah-ubah dan bolak-balik. Sebagai contoh arus listrik AC adalah listrik dari PLN. Kemudian arus DC (Direct Current), yaitu arus listrik searah dan tidak bolak-balik. Jenis arus listrik ini kebanyakan digunakan pada peralatan seperti komputer, TV, radio dll. Arus listrik DC memiliki kutub positif dan negatif, dan arus listrik ini bisa disimpan dalam bentuk baterai

2.2 Proses Pembangkit Listrik

Proses pembangkitan listrik menurut (Marsudi, 2005) proses pembangkitan listrik adalah mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh mesin penggerak generator menjadi energi listrik oleh generator sinkron. Di mana mesin penggerak generator ini bisa berupa mesin thermal, yaitu mesin yang mendapat energi dari proses pembakaran bahan bakar seperti mesin diesel atau turbin air/angin, yang di mana energi didapat dari energi alam seperti aliran air atau angin untuk memutar turbin. Dari dua bagian besar ini (thermal dan non-thermal) dapat dikelompokkan menjdi beberapa jenis yaitu :

a) Pembangkit Listrik Thermal :
   1. Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).
   2. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).
   3. Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) ; Batu bara, gas alam dan minyak.
   4. Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).
   5. Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).
   6. Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

b) Pembangkit Listrik Non Thermal :
   1. Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
   2. Pembangkit Listrik Tenaga Angin.(PLTAngin)
   3. Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)

2.3 Pembangkit Listrik Tenaga Gas

Pembangkit listrik tenaga gas (PLTG) merupakan sebuah pembangkit energi 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 (Harun, 2011).

Keunggulan PLTG

- Proses instalasi yang mudah dan lebih murah
- *Start-up time* yang cepat
- Tenaga darurat (*back up)*
- Dapat menggunakan berbagai macam variasi bahan bakar

Kekurangan PLTG

- Memiliki efisiensi yang rendah

2.4 Gas Alam (*Natural Gas)*

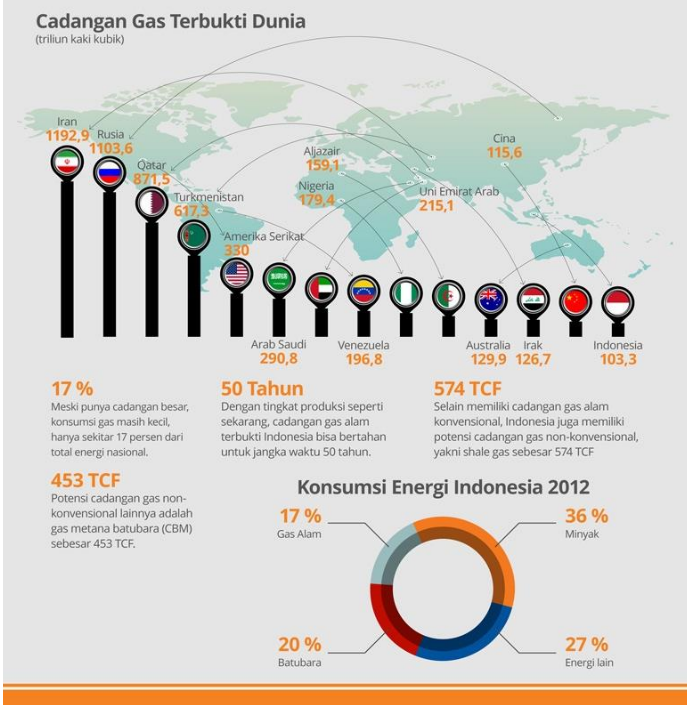
Gas alam sering juga disebut sebagai gas bumi atau gas rawa, adalah bahan bakar fosil berbentuk gas yang terutama terdiri dari metana (CH4). Ia dapat ditemukan di ladang minyak, ladang gas Bumi dan juga tambang batu bara. Ketika gas yang kaya dengan metana diproduksi melalui pembusukan oleh bakteri anaerobik dari bahan-bahan organik selain dari fosil, maka ia disebut biogas.

Sumber biogas dapat ditemukan di rawa-rawa, tempat pembuangan akhir sampah, serta penampungan kotoran manusia dan hewan.Indonesia merupakan salah satu negara penghasil gas alam papan atas di dunia. Berdasarkan Gambar 2.1 dari data BP Statistics 2014 yang dikutip dari Katadata menunjukkan cadangan gas alam Indonesia mencapai 103,3 triliun kaki kubik. (katadata.co.id, 2014).

Dengan angka cadangan tersebut menempatkan Indonesia berada pada posisi ke- 14 pemilik cadangan terbesar di dunia. Bahkan, di kawasan Asia, Indonesia merupakan pemilik cadangan gas terbesar kedua setelah China yang memiliki 115,6 triliun kaki kubik gas alam. Pemegang cadangan gas alam terbesar di dunia adalah Iran dengan volume cadangan mencapai 1.192,9 triliun kaki kubik. Posisi kedua disusul oleh Rusia dengan jumlah cadangan gas terbukti sebesar 1.103,6 triliun kaki kubik. Sebagian gas alam tersebut dijual ke paar ekspor. Untuk

konsumsi domestik, proporsi pemakaian gas alam hanya mencakup 17 persen dari total kebutuhan energi Indonesia.

Mengacu pada tingkat produksi sekarang, cadangan gas alam Indonesia bisa bertahan untuk jangka waktu 50 tahun.



Gambar 2.1 Empat belas negara penghasil gas terebesar dunia
(Sumber : https://www.katadata.co.id)

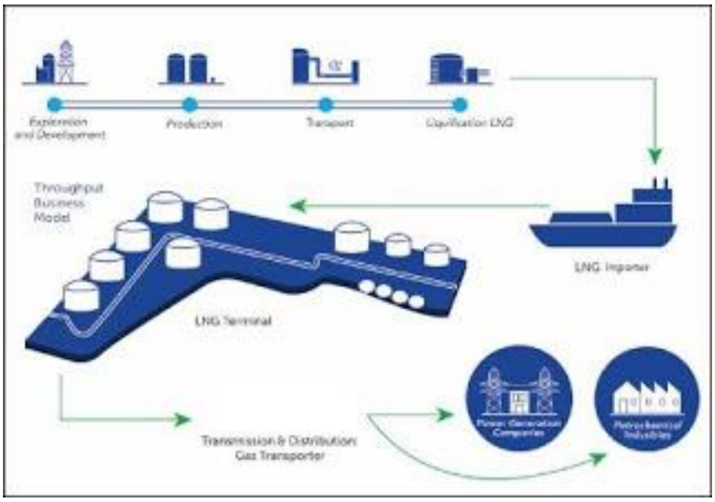
2.5 Gas Alam Cair *(Liquified Natural Gas)*

Gas alam cair (Liquefied natural gas) atau yang sering disebut LNG adalah gas alam yang telah diproses untuk menghilangkan pengotor (impuritas) dan hidrokarbon fraksi berat dan kemudian dikondensasi menjadi cairan pada tekan atmosfer dengan mendinginkannya sekitar -160° Celcius. LNG ditransportasi menggunakan kendaraan yang dirancang khusus dan ditaruh dalam tangki yang juga dirancang khusus. LNG memiliki isi sekitar 1/640 dari gas alam pada Suhu dan Tekanan Standar, membuatnya lebih hemat untuk ditransportasi jarak jauh di mana jalur pipa tidak ada.

Untuk mempertahankan suhu rendah selama penyimpanan dan transportasi, LNG harus ditempatkan kedalam tanki kriogenik (cryogenic tanks). Tangki kriogenik ini merupakan tangka penyimpanan gas yang besar yang terisolasi dan lengkapi dengan unit pendingin. Ketika pengiriman LNG mencapai tujuan atau bila LNG sedang dikeluarkan dari penyimpanan, maka LNG wajib di regasifikasi. Tujuan proses regasifikasi adalah untuk memanaskan LNG, sehingga memungkinkan LNG akan menguap kembali menjadi gas alam. Regasifikasi biasanya

dilakukan di fasilitas dimana gas dapat ditempatkan kedalam penyimpanan atau langsung ke pipa transportasi.

Proses pencairan gas biasanya dilakukan diterminal LNG. Ada dua jenis terminal LNG yaitu terminal yang mengubah gas alam menajdi LNG dan terminal LNG yang mengkonversi kembali menjadi gas alam. Masing-masing disebut sebagai pencairan dan terminal regasifikasi. Terminal pencairan berbeda pada sisi transaksi impor. Skema terminal pencairan dan regasifikasi LNG digambarkan pada Gambar 2.2



Gambar 2.2 Proses pencairan dan regasifikasi LNG di terminal LNG
(Sumber : https://www.geologinesia.com/)

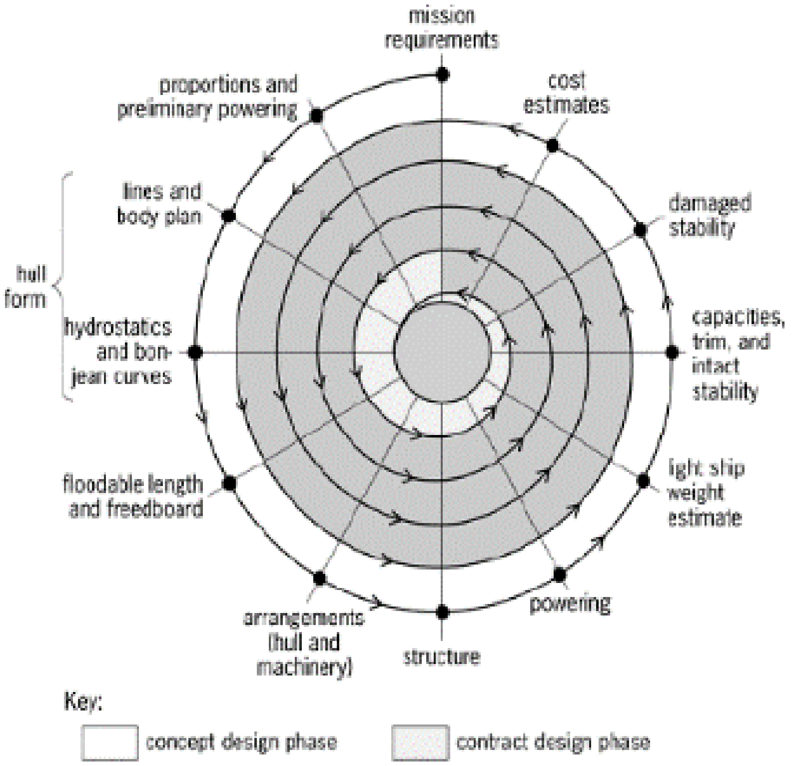
Dari Gambar 2.2 diperlihatkan bahwa terminal pencairan umumnya memalalui jaringan pipa dari lapangan. Sebelum itu cair gas harus dibersihan dari air, karbondioksida , hydrogen sulfide dan kotoran lainnya yang mungkin membeku dan menjadi korosif atau mennggangu proses pencairan. Setelah itu baru cairan LNG dikirim melalui pipa ke kapal pembawa LNG atau ke penyimpanan untuk menunggu transportasi.

Terminal regasifikasi menerima gas alam biasanya dengan kapal dari lokasi lain. Di terminal regasifikasi, LNG disimpan sementara atau dikirim langsung kepabrik regasifikasi. Setelah regasifikasi LNG dikirim oleh pipa untuk distribusi atau ditempatkan dipenyimpanan sementara sampai dibutuhkan.

2.6 Teori Konsep Desain

Klasifikasi desain menunjukan variasi dari tipe-tipe desain yang dapat dibedakan berdasarkan apakah ada suatu ”invention” atau ”innovation” yang diterapkan selama proses desain.

”Invention” disini dimaksudkan bahwa desainer mengeksploitasi ideide aslinya untuk menciptakan suatu produk dengan bentuk yang secara keseluruhan baru. ”Innovation” disini dimaksudkan bahwa desainer menggunakan produk desain yang ada dan memperbaharui atau merubah produk tersebut dengan menggunakan konsep-konsep pemecahan dan bagian-bagian dari produk tersebut untuk membuat produk baru dengan bentuk yang secara partial sama dengan bentuk yang ada (Anggoro, 2011).



Gambar 2.3 *Basic design Spiral*
Sumber : Evans,1959

Gambar 2.3 menunjukkan perancangan kapal di Indonesia saat ini umumnya menggunakan metode spiral desain dengan melakukan inovasi terhadap kapal yang telah ada. dimana desain sebuah kapal yang paling optimal akan dihasilkan melalui beberapa tahapan sehingga akan dihasilkan desain selain memperbaiki atau menyempurnakandesain lama juga memenuhi *owner requirement* dari pemesan kapal.

Proses desain merupakan proses yang dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan suatu desain yang sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam design process pembangunan kapal baru terdapat beberapa tahapan desain (Taggart, 1980), antara lain :

1. Concept Design
2. Preliminary Design
3. Contract Design
4. Detail Design

Empat tahap desain diatas dapat digambarkan dalam suatu *design spiral* (Evans, 1959) yang merupakan suatu proses iterasi mulai dari persyaratan-persyaratan yang diberikan oleh owner kapal hingga pembuatan detail desain yang siap digunakan dalam proses produksi. Tiap-tiap tahap dari perencanaan kapal yang akan dibangun dapat diuraikan secara umum seperti digambarkan di bawah

Tiap-tiap tahap dari perencanaan kapal yang akan dibangun dapat diuraikan secara umum seperti digambarkan dibawah ini.

1. *Concept Design*

   Proses menerjemahkan persyaratan-persyaratan *owner requirement* ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang akan direncanakan.

   a. Dalam tahap ini diperlukan studi kelayakan untuk menentukan elemen-elemen dasar dari kapal yang di desain, seperti panjang kapal, lebar kapal, tinggi kapal, sarat, power mesin, dll. yang memenuhi persyaratan-persyaratan kecepatan, jarak pelayaran, volume muatan dan *deadweight*.

   b. Hasil-hasil pada tahap *concept design* digunakan untuk mendapatkan perkiraan biaya konstruksi.

   c. Desain-desain alternatif juga dihasilkan pada tahap ini.

2. *Preliminary Design*

   a. Pada tahap ini dilakukan penentuan lebih jauh karakteristik-karakteristik utama kapal yang mempengaruhi perhitungan biaya-biaya awal dari pembuatan kapal dan *performance* kapal.

   b. Menghasilkan sebuah desain kapal yang lebih presisi yang akan memenuhi persyaratan-persyaratan pemesan.

   c. Hasil dari tahap ini merupakan dasar dalam pengembangan *contract design* dan spesifikasi kapal.

3. *Contract Design*

   a. Menghasilkan satu set plans dan spesifikasinya yang akan digunakan untuk menyusun dokumen kontrak pembangunan kapal.

   b. Tahap desain ini terdiri dari satu, dua atau lebih putaran dari design spiral.

   c. Mendetailkan desain yang dihasilkan dari tahap preliminary design.

   d. Menggambarkan lebih presisi profil-profil kapal, seperti bentuk badan kapal, daya yang dibutuhkan, karakteristik olah geraknya, detail konstruksi, dll.

   e. Rencana umum terakhir dibuat dalam tahap ini.

4. *Detail design*

Merupakan tahap akhir dari *design spiral* yang mengembangkan gambar rencana kerja (*production drawing*) yang detail meliputi instruksi tentang instalasi dan konstruksi terhadap tukang pasang (*fitters*), las (*welders*), *outfitting*, pekerja bagian logam, *vendor* mesin dan permesinan kapal, tukang pipa, dll.

2.7 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:

2.7.1 Parent Design Approach

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

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

2.7.2 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.

2.7.3 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 mengunakan knowledge).

2.7.4 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 (Rt), merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, trim, dan lain-lain.

2.7.5 Optimation 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.

2.8 Perhitungan Teknis Desain Kapal

The Geosim Procedure

Menurut (Barass, 2004), dalam bukunya yang berjudul *Ship Design and Performance for Masters and Mates*. The Geosim (*Geometrically* similar) Procedure merupakan metode penentuan ukuran utama yang digunakan ketika sebuah permintaan memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding, dalam hal ini dapat digunakan satu kapal pembanding sebagai acuan.

Metode ini biasa digunakan untuk menentukan ukuran utama pada kapal jenis baru dikarenakan keberadaan kapal yang masih terbatas dengan menggunakan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Data yang dibutuhkan adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H) dengan CD (*Coefficient Displacement*) dan CB (*Coefficient Block*) hampir serupa.

Adapun tahapan dalam penentuan ukuran utama menggunakan Geosim Procedure

seperti di bawah ini:

1. Menentukan nilai DWT (Deadweight Tonnes) kapal yang akan dirancang (W2).
2. Pengumpulan data kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan meliputi ukuran utama (L, B, T, H, DWT, dan displasemen). Kapal yang akan dijadikan sebagai kapal acuan harus dengan tipe kapal yang sama dengan rasio ukuran utama yang memenuhi persyaratan.
3. Ukuran utama kapal yang akan dirancang (L2, B2, T2, dan H2,) didapat dari ukuran utama kapal acuan (L1, B1, T1, dan H1,) yang dikalikan dengan koefisien geometris (K).
4. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan 2.5:

   $(B2/ B1)^3 = W2 / W1$ (2.3)

   B2 / B1 = (W2 / W1)^1/3 (2.4)

   B2 / B1 = K (2.5)

   Dimana:

   W2 = DWT kapal yang dirancang (ton)

   W1 = DWT kapal acuan (ton)
5. Ukuran utama kapal yang dirancang didapatkan dari perhitungan:

   L2 = K x L1 (m)

   B2 = K x B1 (m)

   T2 = K x T1 (m)

   H2 = K x H1 (m)
6. Mencari nilai CD dan CB dari kapal acuan seperti pada Tabel II.1

Tabel 2.1 Koefisien displacement berdasarkan tipe kapal
Sumber : Parsons, 2001

Vessel Type	**$C_{cargo\ DWT}$**	**$C_{total\ DWT}$**
Large tankers	0.85 – 0.87	0.86 – 0.89
Product tankers	0.77 – 0.83	0.78 – 0.85
Container ships	0.56 – 0.63	0.70 – 0.78
Ro-Ro ships	0.50 – 0.59	
Large bulk carriers	0.79 – 0.84	0.81 – 0.88
Small bulk carriers	0.71 – 0.77	
Refrigerated cargo ships	0.50 – 0.59	0.60 – 0.69
Fishing trawlers	0.37 – 0.45	

Tabel 2.1 menunjukkan nilai CD dan CB dari masing-masing kapal. Mulai dari tipe kapal *large tanker* hingga *fishing trawlers*. Adapun penjelasan mengenai CD dan CB ada di bawah ini :

C_D = Koefisien perbandingan antara DWT dan displacement (ton) pada keadaan

muatan penuh di summer loaded waterline (SLWL).

$$C_D = \frac{DWT\ (ton)}{Displacement\ (ton)}$$

C_B = Koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dan volume balok kapal (L x B x T).

$$C_D = \frac{Displacement\ \ (ton)}{L\ x\ B\ x\ T\ x\ \rho}$$

7. Setelah didapatkan ukuran utama yang baru maka dilakukan pengecekan terhadap hasil perhitungan.
   Δ_2 = L2 x B2 x T2 x CB x ρ (ton)
   Dimana :
   Δ_2 = L2 x B2 x T2 x CB x ρ (ton)
   ρ = Masa jenis air laut (ton/m3)
8. Kesesuaian penggunaan metode geosim dapat disesuaikan dengan formula:
   $CD_2 = DWT_2 / \Delta_2$

2.9 Rasio Ukuran Utama dan Koefisien

Proses perhitungan teknis desain kapal selalu mengunakan ukuran utama kapal. Ukuran utama dalam desain kapal adalah komponen yang paling dipertimbangkan untuk memenuhi permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) dan batasan-batasan perhitungan lainnya, oleh karena itu diperlukan batasan-batasan ukuran utama kapal agara permintaan pemilik dan batasan perhitungan sesuai. Berikut batasan-batasan terhadap ukuran utama kapal menurut (Lewis, 1998).

- Length-Beam Ratio (L/B)
  Merupakan rasio perbandingan antara panjang dan lebar kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap hambatan kapal dan kemampuan olah gerak kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah 3,5 < L/B < 10

- Beam-Draft Ratio (B/T)

  Merupakan rasio perbandingan antara lebar dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap stabilitas kapal searah melintang. Batasan rasio yang dianjurkan adalah 1,8 < B/T < 5

- Length-Draft Ratio (L/T)

  Adalah rasio perbandingan antara panjang dan sarat kapal. Rasio ini dapat berpengaruh terhadap kekuatan memanjang kapal. Batasan rasio yang dianjurkan adalah 10 < L/T < 30

Selain ukuran utama kapal, terdapat komponen lain yang berperan terhadap perhitungan teknis suatu kapal, yaitu koefisien-koefisien yang merupakan fungsi dari dimensi kapal yang dapat berpengaruh terhadap karakteristik hidrostatis kapal. Koefisien-koefisien tersebut adalah:

1. *Froude Number (Fn)*

   Froude number merupakan rasio hubungan kecepatan kapal dan panjang kapal. Kapal dapat dikatakan cepat atau tidak tergantung besaran nilai dari *Froude Number*. Berikut formula dari Fn menurut (Lewis, 1988):

$$Fn \quad = \frac{V}{\sqrt{g\ x\ L}}$$

2. *Block Coefficient (C_B)*

Merupakan koefisien perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup dalam air dengan volume balok yang melingkupi badan kapal yang tercelup (L x B x T). Adapun (Suhardjito, 2014) menjelaskan formula C_B seperti di bawah ini:

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

3. *Midship Coefficient (C_M)*

   Merupakan koefisien perbandingan antara luas bidang tengah kapal yang tercelup air dengan luasan segi empat yang melingkupinya (B x T). Adapun formula C_M menurut (Suhardjito, 2014) seperti di bawah ini:

$$C_M \quad = 1.006 - 0.0056\ C_B - 3.56$$

4. *Prismatic Coefficient (C_P)*

   Merupakan koefisien perbandingan antara volume kapal yang tercelup air dengan volume prisma kapal. Dan (Suhardjito, 2014) menjelaskan formula C_P seperti di bawah ini:

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

5. *Waterplane Coefficient (C_{WP})*

Merupakan koefisien perbandingan antara luasan bidang permuakaan air pada saat kapal muatan penuh dengan luasan persegi pada area permukaan air (L x B). Berikut formula C_{WP} menurut (Suhardjito, 2014) seperti di bawah ini:

$$C_{WP} = 0.262 + 0.760\ C_P$$

2.10 Berat dan Titik Berat Kapal

Pada proses mendesain kapal, perhitungan berat dan titik berat menjadi salah satu aspek penting karena berat dan titik menjadi salah satu batasan dalam menentukan ukutan utama. Selain itu berat dan titik berat kapal dapat berpengaruh terhadap batasan teknis lainnya seperti trim, stabilitas kapal, kekuatan kapal, dll. Perhitungan berat pada kapal pada umumnya terbagi menjadi dua komponen, yaitu LWT (*Lightweight Tonnage*) dan DWT (*Deadweight Tonnage*).

1. Berat *Lightweight Tonnage* (LWT)

LWT digolongkan menjadi beberapa bagian yaitu:

a. Berat Komponen Baja Kapal

Merupakan seluruh berat dari komponen baja meliputi berat baja kapal di bawah geladak utama, berat sistem keamanan peti kemas, dan berat dari bangunan atas dan rumah geladak.

b. Berat Bangunan Atas dan Rumah Geladak

Pada dasarnya seluruh bangunan kapal yang berada di atas geladak utama merupakan bagian dari dua komponen yaitu bangunan atas *(superstructure)* dan rumah geladak *(deck house).* Dimana *superstructure* meliputi *poop* dan *forecastle*, sementara *deck house* meliputi bangunan di atas *superstructure*. Untuk menghitung berat dari *superstructure* dan *deck house* menurut (Schneekluth & Betram, 1998) dapat digunakan formula persamaan 2.6.

$$W_n = V_n \times C_n \tag{2.6}$$

Dimana:

Vn = Volume bangunan yang akan dicari (m^3)

Cn = Koefisien berat baja bangunan yang akan dicari (ton/m^3)

Untuk koefisien berat baja bangunan kapal dapat dilihat pada Tabel 2.3

Tabel 2.2 Harga koefisien *superstrcture*

Tipe *Superstructure*	**Harga Koefisien Berat Baja *Superstructure***
Forecastle dengan panjang kapal ≥ 140 m	0.1 ton/m^3
Forecastle dengan panjang kapal ≈ 120 m	0.13 ton/m^3
Poop	0.075 ton/m^3

Sumber: (Schneekluth & Betram, 1998)

Sedangkan untuk menghitung koefisien deckhouse menggunakan Gambar 2.4

F_o/F_u	Layer I	Layer II	Layer III	Layer IV	Layer Wheelhouse
1.0	0.057	0.056	0.052	0.053	0.040
1.25	0.064	0.063	0.059	0.060	0.045
1.5	0.071	0.070	0.065	0.066	0.050
1.75	0.078	0.077	0.072	0.073	0.055
2.0	0.086	0.084	0.078	0.080	0.060
2.25	0.093	0.091	0.085	0.086	0.065
2.5	0.100	0.098	0.091	0.093	0.070

Gambar 2.4 Harga koefisien *deckhouse*

Pada Gambar 2.4 terdapat rumus :

Fo /Fu = Perbandingan antara luas geladak *layer* di atasnya dengan *layer* di bawahnya.

c. Berat Koreksi Baja Kapal

Di dalamnya meliputi berat konstruksi sekat, *double bottom,* dan dudukan mesin induk.

- Berat Konstruksi Sekat

$W_{BC} = 25\% \times W_{HS}$

Dimana:

W_{HS} = Berat baja di bawah geladak utama (ton)

- Berat Konstruksi Alas Ganda *(Double Bottom)*

$W_{DB} = V_{DB} \times C_{DB}$

Dimana:

V_{DB} = Volume *double bottom* (m^3)

C_{DB} = Koefisien berat konstruksi *double bottom* (ton/m^3)

C_{DB} = 0.1 ton/m^3

- Berat *Engine Foundation*

$$W_{EF} = \frac{27 \times BHP}{(n + 250) \times (15 + BHP/1000)}$$

Dimana:

BHP = *Break Horse Power* (kW)

n = Putaran mesin utama (rpm)

d. Berat Komponen Sitem Kapal

Perhitungan berat permesinan dapat dibagikan ke dalam beberapa kelompok, diantaranya:

- Berat *Propulsion units*
- Berat *Electrical units*
- Berat *Other units*
- *Special weight*

e. Berat Sistem Propulsi

- Berat Mesin Utama *(Main Engine)*

Berat mesin utama yang disesuaikan dan diketahui dari di katalog mesin.

- Berat *Gear Box*

$$W_{GB} = (0.3 \sim 0.4)\ BHP/n$$

- Berat Baling-Baling

$$W_{Prop} = D^3 \times K$$

Dimana:

D = Diameter *propeller* (m)

$K = (ds/D) \times (1.85\, A_E/A_O - (Z - 2)/100)$

ds = Diameter poros *propeller* (m)

$ds = 11.5\, (DHP/n)^{1/3}$

A_E/A_O = Perbandingan antara luas *propeller expanded* dengan luas lingkaran

Z = Jumlah daun *propeller*

- Berat Poros Baling-Baling

$M = M/Ls \times Ls$

Dimana:

L_S = Panjang poros *propeller* (m)

$Ls = 0.081\ (DP/n\ )^{2/3}$

DHP = *Delivery Horse Power* (kW)

f. Berat Sistem Kelistrikan

$W_E = 0.001 \times BHP \times (15 + 0.014 \times BHP)$

g. Berat Sistem Permesinan Lainnya

$W_{MO} = (0.04 \sim 0.07) \times BHP$

h. Berat Peralatan dan Perlengkapan

Berat peralatan dan perlengkapan *(equipment and outfitting/E&O)* menurut (Schneekluth & Betram, 1998) secara garis besar dibagi menjadi 4 kelompok *(group)*, yaitu:

i. Group I, untuk berat dari penutup palkah ruang muat (hatch cover). Untuk perhitungan *hatch cover* dapat menggunakan rumus pada Gambar 2.5:

	Weight in kg/m hatchway length				
Hatchway breadth [m]	6	8	10	12	14
Load 1.75 t/m^2	826	1230	1720	2360	3150
1 container layer	826	1230	1720	2360	3150
2 container layers	945	1440	2010	2700	3550

Gambar 2.5 Estimasi berat h*atch cover*
Sumber: Schneekluth & Betram, 1998

ii. Group II, untuk berat peralatan bongkar muat *(cargo handling / access equipment)* Untuk estimasi berat *crane* yang terpasang di atas kapal dapat dilihat pada Gambar 2.6:

Max.	*Weight (t) at max. working radius*			
load (t)	15 m	20 m	25 m	30 m
10	18	22	26	
15	24	28	34	
20		32	38	45
25		38	44	54
30		42	48	57

Gambar 2.6 Estimasi berat c*rane*
Sumber: Schneekluth & Betram, 1998

iii. Group III, untuk berat peralatan dan perlengkapan di ruang akomodasi *(living quarter)*

$W_{III} \quad = Vn \times C_{III}$

Dimana:

Vn = Volume bangunan yang akan dicari (m³)

C_{III} = Koefisien berat E&O group III (ton/m³)

= 160 ~ 170 kg/m² fungsi luasan tipe kapal kargo berukuran kecil dan sedang

= 60 ~ 70 kg/m³ fungsi volume tipe kapal kargo berukuran kecil dan sedang

= 180 ~ 200 kg/m² fungsi luasan tipe kapal kargo dan tanker berukuran besar

= 80 ~ 90 kg/m³ fungsi volume tipe kapal kargo dan tanker berukuran besar

iv. Group IV, untuk peralatan dan perlengkapan lainnya

$W_{IV} \quad = (L \times B \times H)^{2/3} \times C_{IV}$

Dimana:

C_{IV} = 0.18 ~ 0.26 (ton/m²)

2. Berat *Deadweight Tonnage* (DWT)

Untuk DWT terdiri atas beberapa komponen, meliputi berat muatan *(payload),* bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat *provision*, berat orang (*crew* dan penumpang), dan berat barang bawaan. Perhitungan DWT ini dilakukan untuk satu kali perjalanan *round trip* dan berikut penjabaran perhitungan DWT menurut (Schneekluth & Betram, 1998).

a. Berat Muatan *(Payload)*

Merupakan berat total dari muatan yang dibawa di atas kapal. Besaran *payload* sudah ditentukan oleh pemilik kapal yang sudah terangkum dalam *owner requirement* dan juga menjadi landasan dasar bagi desainer untuk merancang kapal.

b. Berat *Crew* dan *Consumables*

$W_{C\&E} \quad = C_{C\&E} \times n_{Crew}$ (ton)

Dimana:

$C_{C\&E}$ = Koefisien berat *crew* (ton/orang)

$C_{C\&E}$ = 0.17

n_{Crew} = Jumlah *crew* (orang)

c. Berat Air Tawar *(Fresh Water)*

$W_{FW} \quad = C_{FW} \times n_{Crew}$ (ton/hari)

Dimana:

C_{FW} = Koefisien berat air tawar (ton/orang hari)

C_{FW} = 0.17

d. Berat *Provision and Store*

$W_{PR} \quad = C_{PR} \times n_{Crew}$ (ton/hari)

Dimana:

C_{PR} = Koefisien berat *provision and store* (ton/orang hari)

C_{PR} = 0.01

e. Berat Bahan Bakar *Heavy Fuel Oil (HFO)*

$W_{FO} \quad = SFR \times MCR \times (R/Vs) \times Margin$ (ton)

Dimana:

SFR = *Spesific Fuel Rate* (ton/kW jam)

MCR = *Maximum Continous Rating* (kW)

R = Jarak pelayaran (km)

V_S = Kecepatan dinas kapal (m/s)

Margin = 10%

f. Berat Bahan Bakar *Marine Diesel Oil (MDO)*

$W_{DO} \quad = C_{DO} \times W_{Fuel}$ (ton)

Dimana:

C_{DO} = Koefisien berat bahan bakar MDO

= 0.2

g. Berat *Lubrication Oil* (Minyak Pelumas)

$W_{LO} \quad = BHP \times \rho_{LO} \times (R/Vs) \times 10^{-6} \times 1.4$ Dimana:

P_{LO} = Masa jenis minyak pelumas (ton/m^3)

3. Titik Berat

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda tersebut dimana berat dari seluruh

bagian benda terpusat pada titik tersebut. Dasar teori itulah yang dijadikan landasan dalam merancang kapal, dimana perhitungan titik berat gabungan kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam perhitungan mencari titik berat terdapat dua jenis pendekatan, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari hasil penelitian dan pengujian, serta pendekatan terhadap bentuk-bentuk bidang dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segi tiga, lingkaran, trapesium, dll.

Untuk perhitungan jarak titik berat kapal dapat dibagi menjadi dua macam, yaitu jarak titik berat secara memanjang *(longitudinal center of gravity / LCG)* untuk mengetahui dimana letak titik berat secara memanjang, yang pada umumnya menjadikan titik AP, *midship,* atau FP sebagai titik acuannya, dan jarak titik berat secara vertikal *(vertical center of gravity / VCG)* guna mengetahui letak titik berat secara vertikal, yang pada umumnya menjadikan dasar lunas *(keel)* sebagai titik acuan untuk mengukur VCG. Adapun formula yang digunakan untuk mencari letak titik berat gabungan, seperti yang di bawah ini:

$$LCG_{Tot} = \frac{(LCG_1 \times W_1) + (LCG_2 \times W_2) + (LCG_3 \times W_3) + \;.\;.\;.\;. + (LCG_n \times W_n)}{(W_1 + W_2 + W_3 + \;.\;.\;.\;. + W_n)}$$

$$VCG_{Tot} = \frac{(VCG_1 \times W_1) + (VCG_2 \times W_2) + (VCG_3 \times W_3) + \;.\;.\;.\;. + (VCG_n \times W_n)}{(W_1 + W_2 + W_3 + \;.\;.\;.\;. + W_n)}$$

4. Batasan Berat dan Titik Berat

Kapal diharapkan dapat berlayar dengan kondisi ideal dari aspek berat dan titik beratnya, karena hal ini dapat berdampak pada aspek lainnya seperti lambung timbul, trim, dan stabilitas. Kondisi ideal yang dimaksud adalah kondisi dimana kapal tidak mengalami trim atau biasa disebut dengan istilah *even keel*. Adapun koreksi yang digunakan dalam mengkategorikan apakah kapal dalam kondisi *even keel* atau tidak, yaitu koreksi displasemen dan koreksi titik berat, dimana keduanya menggunakan aspek gaya apung *(bouyancy / B)* dan gaya berat *(gravity / G)* serta titik apung *(longitudinal center of bouyancy / LCB)* dan titik berat secara memanjang *(longitudinal center of gravity / LCG)*

a. Koreksi Displasemen

Merupakan

$$\frac{B-G}{B} \times 100\ \% \leq 5\ \%$$

Dimana:

B = Gaya apung atau displasemen (ton)

G = Gaya berat atau LWT + DWT (ton)

b. Koreksi Titik Berat

Koreksi titik berat merupakan koreksi yang digunakan untuk mengetahui selisih antara jarak titik apung dan jarak titik berat. Untuk batasan maksimum dari harga selisih antara jarak titik apung dan jarak titik berat sebesar 1 % dari harga panjang garis air.

$$\frac{LCB - LCG}{LWL} \times 100\ \% \leq 1\ \%$$

Dimana:

LCB	= Jarak titik apung searah memanjang	(m)
LCG	= Jarak titik berat searah memanjang	(m)
LWL	= Panjang garis air	(m)

2.11 Lambung Timbul Kapal

Lambung timbul atau biasa disebut *freeboard* adalah jarak yang diukur secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship. Freeboard* merupakan aspek penting dalam perencanaan desain kapal karena freeboard menjadi daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak langsung terhadap keselamatan. Terdapat beberapa peraturan mengenai batasan-batasan dari *freeboard* yaitu (*International Maritime Organization (IMO), 2005).*

Dalam menentukan besaran *freeboard* menurut ICLL, tipe kapal dibedakan menjadi dua tipe menurut kriterianya, yaitu:

- Kapal Tipe A, adalah kapal yang memiliki kriteria seperti:
  - Kapal yang didesain memuat muatan cair curah
  - Kapal dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, serta ditutup penutup bermaterial baja yang kedap.
  - Kapal dengan kemampuan menyerap air atau gas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.
  - Contoh jenis kapal yang termasuk pada tipe A adalah *Tanker* dan *LNG Carrier.*
- Kapal Tipe B, adalah kapal yang tidak memenuhi kriteria dari kapal tipe A.

Untuk perhitungan besar nilai *freeboard* dilakukan dengan menggunakan batas tinggi minimum *freeboard* yang sudah ditentukan sesuai tabel *freeboard*, dan penambahan atau pengurangan dari beberapa koreksi yang telah ditentukan. Adapun tahapan dalam menentukan besaran tinggi minimum *freeboard*, seperti:

1. Menentukan besar tinggi minimum *freeboard* yang sudah ditentukan dalam tabel *freeboard* sesuai tipe kapal yang berdasarkan fungsi panjang kapal (F_1). Apabila ukuran panjang kapal tidak tersedia, maka dilakukan interpolasi untuk mendapatkan nilai F_1.

2. Untuk kapal dengan panjang antara 24 - 100 meter dilakukan koreksi penambahan tinggi *freeboard* (F_2)dengan formula:

$F_2 = 7.5\,(100 - L)(0.35 - E/L)$ (mm)

atau,

$F_2 = 0.09\,(328 - L)(0.35 - E/L)$ (*inches*)

Dimana:

L = Panjang kapal dalam satuan *feet* (ft)

E = Panjang efektif dari *superstructure* (m)

3. Dilakukan koreksi penambahan koefisien blok (C_B), apabila kapal memiliki harga C_B lebih dari 0.68 (F_3), dengan formula:

$F_3 = (C_B + 0.68)/1.36$ (mm)

4. Kapal dengan ukuran tinggi lebih dari L/15 maka dilakukan koreksi penambahan tinggi (F_4), dengan formula:

$F_4 = (D - L/15)\,R$ (mm)

Dimana:

$R = L/0.48$ L<120 m

R = 250 L>120 m

5. Koreksi pengurangan tinggi *freeboard* dapat dilakukan berdasarkan fungsi panjang efektif *superstructure* (F_5) dengan ketentuan Tabel 2.3:

Tabel 2.3 Harga koreksi F_5 untuk kapal tipe B

Panjang Efektif *Superstructure*	**Kapal Tanpa *Detached Bridge***	**Kapal Dengan *Detached Bridge***
0.0 L	0	0

Panjang Efektif *Superstructure*	**Kapal Tanpa *Detached Bridge***	**Kapal Dengan *Detached Bridge***
0.1 L	5	6.3
0.2 L	10	12.7
0.3 L	15	19
0.4 L	23.5	27.5
0.6 L	46	46
0.7 L	63	63
0.8 L	75.3	75.3
0.9 L	87.7	87.7
1.0 L	100	100

2.12 Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan kesetimbangan dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Suatu kapal dapat bertahan dalam pelayaran ditentukan oleh stabilitas kapal. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

1. Titik K *(keel)* yaitu titik terendah kapal yang umumnya terletak pada lunas.
2. Titik B *(bouyancy)* yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
3. Titik G *(gravity)* yaitu titik tekan ke bawah yang merupakan titik pusat dari berat kapal.
4. Titik M *(metacentre)* yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan ke atas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan ke atas pada sudut oleng.

- Keseimbangaan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam, yaitu :

1. Keseimbangan stabil, kondisi dimana letak titik G berada di bawah titik M.
2. Keseimbangan labil, kondisi dimana letak titik G berada di atas titik M.
3. Keseimbangan *indeferent*, kondisi dimana letak titik berat G berimpit dengan titik M.

Terdapat beberapa metode dalam menentukan stabilitas kapal. Untuk metode yang digunakan untuk desain ini sesuai dengan metode yang dijelaskan oleh (Manning) yang

mempertimbangkan besar lengan pengembali GZ. Untuk perhitungan GZ dapat didapatkan seperti berikut:

$$GZ = GG' \sin \phi + b_1 \sin 2\phi + b_2 \sin 4\phi + b_3 \sin 6\phi$$

Dimana:

Φ = sudut inklinasi

$GG' = KG' - KG$

$$b_1 = \frac{9 \times (G'B_{90} - G'B_0)}{8} - \frac{G'M_0 - G'M_{90}}{32}$$

$$b_2 = \frac{G'M_0 + G'M_{90}}{8}$$

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

Stabilitas kapal yang didesain dibuktikan secara teoritis sesuai dengan kriteria stabilitas yang diatur oleh (Intact Stability Code 1974, pengembangan dari (IMO 1974), 2008). Ada beberapa kriteria persyaratan dalam perhitungan stabilitas kapal sebagai berikut:

- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 30° adalah 0.055 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng 40° adalah 0.09 m.rad.
- Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ antara sudut oleng 30°-40° adalah 0.03 m.rad.
- Lengan statis GZ pada sudut oleng ≥ 30° tidak boleh kurang dari 0.20 m.
- Jarak GM pada sudut oleng 0° tidak boleh kurang dari 0.15 m.
- Lengan statis (GZ) maksimum terjadi tidak boleh kurang dari 25°.

2.13 Trim Kapal

Pada dasarnya stabilitas kapal dibedakan menjadi dua jenis yaitu stabilitas memanjang (saat kapal terjadi trim) dan stabilitas melintang (saat kapal terjadi oleng). Stabilitas melintang pada kapal sudah dibahas padaa Sub Bab II.9.7 Pada Sub Bab ini akan dibahas mengenai stabiitas memanjang (kondisi trim). Trim terjadi karena perbedaan letak titik gaya apung dan titik gaya berat. Hal ini mengakibatkan perbedaan sarat pada bagian depan dan belakang kapal. Trim merupakan kondisi yang pasti terjadi dikarenakan perubahan kondisi permuatan ya

(International Maritime Organization (IMO), 2009)ng secara otomatis akan mengakibatkan perubahan letak titik berat kapal. Pemeriksaan kondisi trim ini mengacu pada (*International Maritime Organization* (IMO), 2009)di mana batasan-batasan yang diizinkan adalah 0.5 % LWL.

2.14 Floating Power Plant

2.14.1 Power Ship

Powership adalah bangunan khusus yang memiliki tujuan pembangunan untuk struktur terapung yang memiliki fungsi sebagai pembangkit listrik. Kapal ini bertugas untuk menghasilkan listrik kemudian mengirimkan listrik ke tempat dimana listrik dibutuhkan. Dalam kasus ini, kapal powership merupakan kapal bulk carrier yang dialih fungsikan sebagai kapal pembangkit listrik. Pada Gambar 2.7 diperlihatkan salah satu contoh dari *Powership* yakni MV Kradeniz Powership Rauf Bey

Gambar 2.7 MV Kradeniz Powership Rauf Bey
Sumber : https://www.khmertimeskh.com

Kapal *Powership* mampu menghasilkan listrik menggunakan generator berbahan bakar HFO dan LNG. Kapal mendistribusikan listrik melalui laut dan bertambat di pelabuhan sepanjang pesisir. Rata – rata kapal *Powership* Karadeniz mampu menghasilkan listrik sebesar 200 MW (Mancini, 2015).

Kelebihan Kapal *Powership*

Berikut merupakan kelebihan dari pengoperasian kapal *Powership*

-Periode pengiriman energi listrik lebih cepat karena kapal mampu menghasilkan listrik dan dapat bergerak.

-Tidak membutuhkan lahan daratan (IMMA Global, 2015)

-Kapal lebih ideal dioperasikan untuk daerah dengan infrastruktur logistik yang kurang baik.

-Tidak terpengaruh dengan bencana tanah longsor, gempa bumi.

2.14.2 Power Barge

Power BargeFloating Power Plant atau pembangkit listrik terapung adalah suatu pembangkit listrik yang diletakkan di di atas sebuah barge atau bisa disebut dengan power barge atau kapal yang disebut dengan powership sehingga menjadi sebuah pembangkit listrik yang moveable. Floating Power Plant pertama dibuat pada tahun 1940 oleh insinyur dari Angkatan Darat Amerika Serikat dengan generator uap yang menghasilkan tenaga sebesar 30 MW. Sejak saat itu Floating Power Plant mulai berkembang dan dibangun di beberapa negara, dan untuk bahan bakarnya dipilih Heavy Fuel karena biayanya yang tergolong murah. Pada Gambar 8.2 diperlihatkan salah satu contoh dari *Power Barge*

Gambar 2.8 MV Desain Power Barge
(Sumber : http://www.teknikasd.com)

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. Floating Power Plant didesain

bukan untuk diletakkan diperairan bebas, melainkan diletakkan pada perairan yang terlindungi seperti pada pelabuhan atau pinggir pantai.

Di Indonesia juga terdapat Pembangkit listrik terapung dalam bentuk powerbarge, milik PLN dengan nama PLTD Apung 1. Kapal ini merupakan pembangkit listrik tenaga diesel dengan kapasitas 10,5 MW, kapal ini cukup berjasa karena pernah membantu krisis listrik di beberapa tempat seperti Bali dan Kalimantan. Saat ini kapal tersebut menjadi monumen di Aceh karena terseret Tsunami sampai daerah tengah kota pada tahun 2004.

2.14.3 Perbandingan Antara Dibangun di Darat dan Di Laut

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

Pada pembangkit listrik di darat, berikut adalah keuntungannya :

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

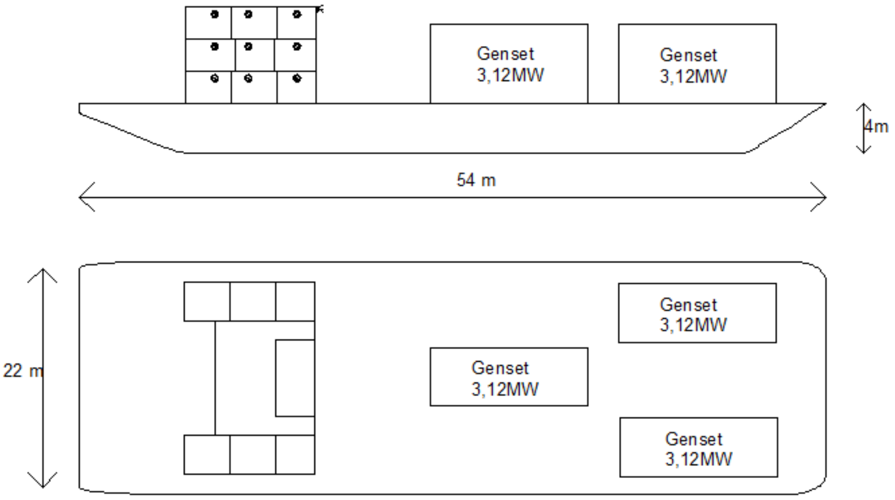
Keuntungan dari pemakaian pembangkit listrik terapung antara lain adalah :

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

5. Mampu menyediakan suplai listrik yang stabil saat banjir atau gempa bumi.
6. Pembangunan yang relatif cepat, karena dibangun di tempat lain selagi dilakukan pembebasan lahan.

2.15 Layout Awal

Pembuatan layout awal bertujuan untuk melihat gambaran umum dari bentuk kapal sebelum dilakukan pembuatan layout awal yang dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 *Layout* awal kapal

2.16 Sistem Penambatan (*Mooring System*)

Penambatan digunakan untuk membuat kapal diam dan tidak bergerak dalam suatu tempat. Untuk menambatkan suatu kapal diperlukan tali tambat atau *mooring line* dan *bollard* yang menjadi tumpuan dari tambatan tersebut, seperti contoh pada Gambar 2.10.

Gambar 2.10 Contoh sistem penambatan (*mooring system*)

Ada beberapa jenis *mooring system*, diantaranya adalah *Spread Mooring, Turret Mooring, Tower Mooring, dan Buoy Mooring*. Berikut adalah penjelasannya.

1. *Spread Mooring*

Spread mooring adalah cara yang paling sederhana sebagai sarana tambat kapal, karena pada sistem ini tidak memungkinkan bagi kapal untuk bergerak/berputar guna mencapai posisi dimana efek-efek lingkungan semisal angin, arus dan gelombang relative kecil. Namun hal ini akan mengakibatkan beban lingkungan terhadap kapal menjadi semakin besar, yang mana akan mengakibatkan bertambahnya jumlah mooring lines dan atau line tension-nya.

Peralatan yang digunakan biasanya merupakan peralatan yang pada umumnya sudah tersedia di kapal. Pada system ini digunakan satu set anchor legs dan mooring lines yang biasanya terletak pada posisi bow dan stern kapal. Karena peralatan yang digunakan relative sederhana, maka tidak perlu dry docking untuk melakukan modifikasi terhadap mooring systemnya. Spread mooring dapat diterapkan pada setiap type kapal, namun dengan tetap memperhatikan fasilitas produksi di atas kapal. Pada FPSO Belanak Natuna yang di atasnya terdapat fasilitas produksi crude oil dan LPG, maka posisi fixed heading menjadi kebutuhan yang sangat penting dan oleh karenanya digunakan system spread mooring, karena pergerakan/perputaran dari kapal akan sangat berpengaruh pada proses produksi LPG. Pada system ini, peralatan offloading biasanya terletak di bow atau stern kapal, atau dengan menggunakan buoy yang didedikasikan khusus untuk sarana transfer cargo.

2. *Turret Mooring*

Pada sistem ini kapal dihubungkan dengan turret, yang mana dengan adanya bearing memungkinkan kapal untuk dapat berputar. Dibandingkan dengan spread mooring, pada system ini riser dan umbilical yang diakomodasi dapat lebih banyak lagi. Turret mooring dapat berupa External Turret atau Internal Turret. External Turret dapat diletakkan pada posisi bow atau stern kapal, di luar lambung kapal, memungkinkan kapal untuk dapat berputar 360 derajat dan beroperasi pada kondisi cuaca normal maupun ekstrim. Chain leg “ditanam” di dasar laut dengan anchor atau piles. Biaya pembuatannya lebih murah dibandingkan dengan internal turret danmodifikasi yang dilakukan di kapal tidak terlalu banyak.

Selain posisi turret, perbedaan lain dibandingkan dengan Internal Turret adalah posisi chain table-nya. Pada External Turret, chain table terletak di atas water level, sedangkan pada internal turret, chain table terendam di bawah garis air. Pada umumnya sistem ini digunakan di perairan yang tidak terlalu dalam dan pada lapangan yang relatif kecil. Contoh aplikasi di

Indonesia : FPSO Anoa Natuna Internal Turret. Keunggulan system ini adalah dapat terpasang secara permanen maupun tidak (dis-connectable), dapat diaplikasikan pada lapangan dengan kondisi lingkungan yang moderat sampai ekstrim, dan sesuai untuk deepwater. Sistem ini dapat mengakomodasi riser hingga 100 unit dan kedalaman laut hingga 10,000 feet.

3. *Tower Mooring*

Pada system ini kapal dihubungkan ke tower dengan suatu permanent wishbone atau permanen/temporary hawser. Sesuai untuk laut dangkal hingga sedang dengan arus yang cukup kuat. Keuntungannya adalah :

a) Transfer fluida yang sederhana, dengan menggunakan jumper hoses dari tower ke kapal,

b) Akses langsung dari kapal ke tower,

c) Modifikasi yang tidak terlalu banyak pada kapal,

d) Semua mechanical equipment terletak di atas sea level.

Contoh aplikasi di Indonesia : FSO Ladinda

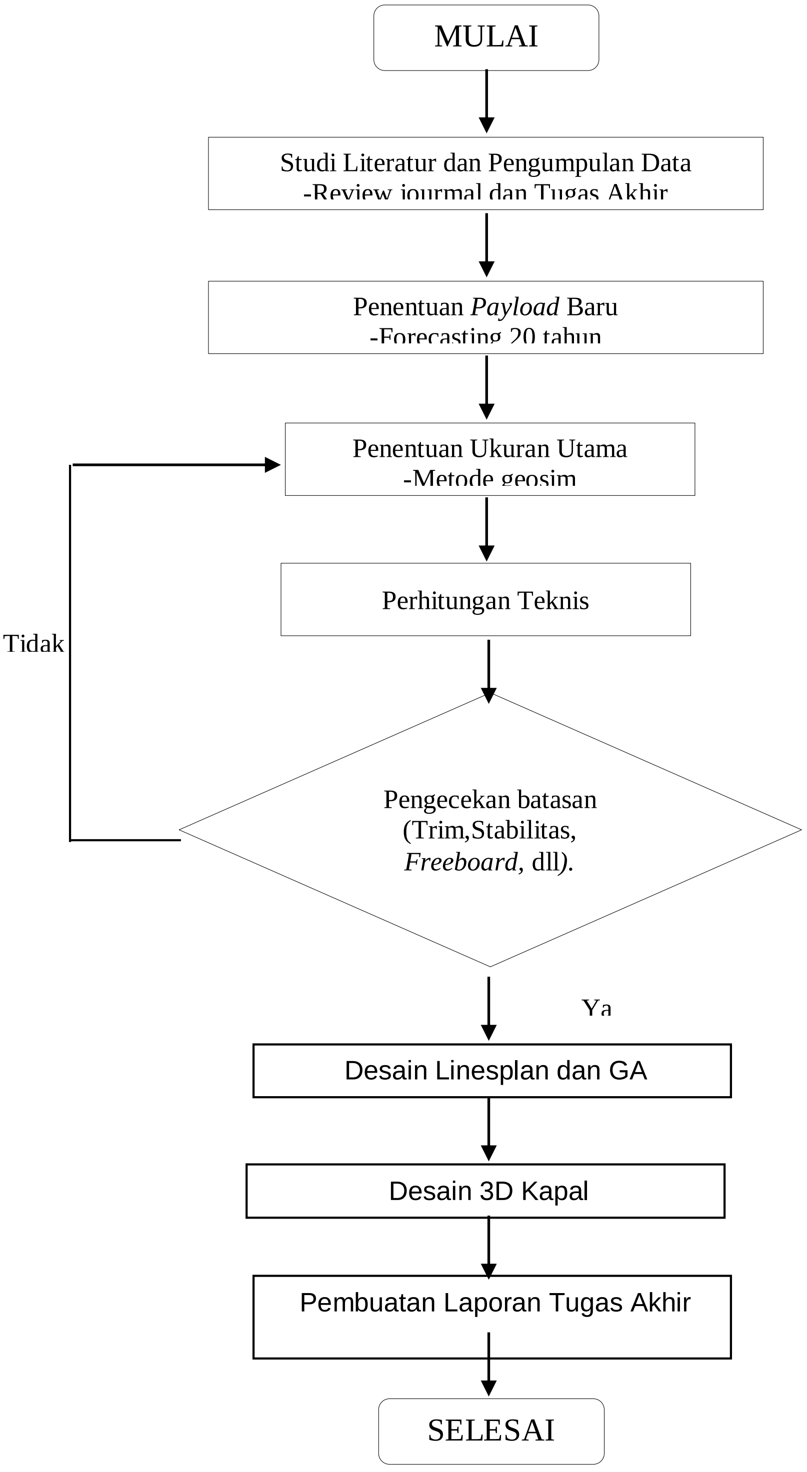
4. *Buoy Mooring*

Pada system ini sebuah buoy digunakan sebagai mooring point kapal dan untuk offloading fluida. Tujuan utamanya adalah untuk transfer fluida dari daratan atau fasilitas offshore lainnya ke kapal yang sedang ditambatkan. Komponen-komponennya antara lain: Buoy Body, sebagai penyedia stabilitas dan buoyancy. Komponen Mooring dan Anchoring, menghubungkan buoy dengan seabed dan hawser menghubungkan buoy dengan kapal. Product transfer Sytemo Auxiliary System, boatlanding, lifting, dan sebagainya. Contoh aplikasi di Indonesia : FSO Arco Ardjuna.

BAB 3
METODOLOGI

3.1 Bagan Alir

Secara umum, metodologi dalam penelitian ini dapat digambarkan dalam diagram alir pada Gambar 3.1 :



Gambar 3.1 Diagram alir metodologi pengerjaan

3.2 Tahap Pengerjaan

3.2.1 Studi Literatur

Hal yang perlu dilakukan adalah mengumpulkan beberapa buku referensi atau literatur yang mendukung untuk penyelesaian masalah dalam tugas akhir. Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dan pengumpulan teori-teori yang berkaitan dengan analisis tentang pembangkit listrik terapung meliputi desain kapal pembangkit listrik terapung. Desain kapal sendiri meliputi perhitungan teknis antara lain berat, *freeboard*, *trim*, dan stabilitas.

3.2.2 Pengumpulan Data

Dalam pengumpulan data dapat dilakukan dengan cara yaitu pengambilan langsung ke sumber data, browsing internet dan interview dengan pihak yang bersangkutan. Pengambilan data dimaksud adalah data –data tentang :

a. Penggunaan listrik di wilayah Pulau Ra’as
b. Kondisi perairan di wilayah perairan Pulau Raas berdasarkan referensi yang ada

3.2.3 Pengolahan Data

Pada proses ini data yang diperoleh akan diolah untuk mendapatkan daya listrik untuk wilayah yang belum disuplai listrik oleh PLN untuk mendapatkan spesifikasi dari Generator Set.

3.2.4 Pentuan Kapasitas Pembangkit

Tahap ini dilakukan dengan menggunakan metode *forecasting linier* dari data Pembangkit Listrik Negara. Metode ini didapat dengan cara mendapatkan prosentase kenaikan listrik per tahun. Setelah itu dicari *payload* listrik di Pulau Raas untuk tahun 2036.

3.2.5 Penentuan Pola Operasi

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan pola operasi dari pembangkit listrik dan kapal yang akan mensuplai bahan bakar pembangkit listrik. Karena kapal pembangkit listrik yang direncanakan akan diam sehingga perlu kapal suplai bahan bakar pembangkit listrik.

3.2.6 Penetuan Ukuran Utama

Penenuan ukuran utama dapat dicari dengan menggunakan kapal pembanding yang sudah beroperasi dengan metode geosim, Adapun ukuran – ukuran tersebut adalah:

- Panjang (Lpp)
- Lebar (B)

- Tinggi (H)
- Sarat (T)

3.2.7 Perhitungan Teknis

Merencanakan *principal dimension* dan melakukan perhitungan dari kapal sesuai kebutuhan space dari sistem pembangkit. Perhitungan teknis yang dicari meliputi LWT, DWT, dll.

3.2.8 Pengecekan Batasan

Pengecekan dilakukan terhadap Trim, stabilitas dan juga freeboard kapal. Untuk pemeriksaan Trim dan Stabilitas menggunakan *software maxurf hydromax.*

3.2.9 Pembuatan Rencana Garis dan Rencana Umum

Dalam pembuatan Rencana Garis dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf.* Dari desain yang telah dibuat di *Maxsurf* dapat langung diambil *Lines Plan*-nya. Kemudian untuk memperhalus *Lines Plan* dilakukan dengan menggunakan *software AutoCAD*. 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 AutoCAD.*

3.2.10 Analisis Ekonomis

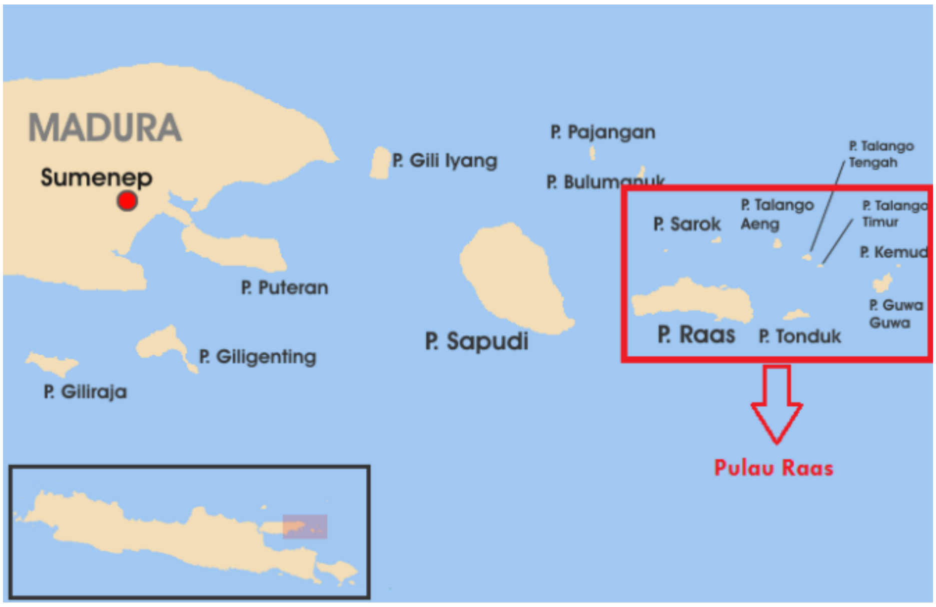
Pada proses ini dilakukan analisis ekonomis dalam pembuatan atau pengadaan pembangkit listrik terapung yang sudah direncanakan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 4
ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1 Kondisi Daerah

Kecamatan Raas mempunyai luas total wilayah 38,9 km2 yang meliputi 9 desa. Kecamatan Raas terdiri dari 14 Pulau, dengan 9 Pulau berpenghuni, dan 5 Pulau tidak berpenghuni. Pada sisi sebelah utara kecamatan ini dibatasi oleh Selat Madura, sebelah selatan dibatasi Laut Jawa, sebelah timur dibatasi oleh Selat Kangean, dan sebelah barat dibatasi oleh Selat Sepudi, seperti yang tercantum pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Pulau Raas

Jumlah penduduk Kecamatan Raas berjumlah 34.784 jiwa (Bappeda Kab.Sumenep, 2016). Komposisi penduduk Kecamatan Raas terdiri dari laki-laki sebanyak 17.046 jiwa (49,01 %) dan perempuan 17.738 jiwa (50,99 %). Rasio jenis kelamin sebesar 96,1 % dengan kepadatan penduduk sebanyak 894,19 jiwa/km2.

Berdasarkan data BPS Kabupaten Sumenep sarana dan prasarana di Pulau Ra'as meliputi pelayanan listrik yang belum dilayani oleh PT. PLN, hanya terbatas pada PLTD maupun tenaga surya. Pada tahun 2010 Pulau Ra'as mendapat bantuan dari Bappeda Kabupaten Sumenep berupa Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) sebanyak 8 unit yang tersebar di 5 desa untuk memenuhi kebutuhan listrik di wiliyah Pulau Ra'as sekaligus sebagai penunjang kegiatan sosial ekonomi.

Adapun desa desa yang mendapatkan bantuan adalah desa Alas Malang sebanyak 2 unit yang penempatannya di Balai Desa Alas Malang dan Musholla KH. Baharudin, 2 unit lagi di

Desa Ketupat dan Musholla K. Hasyim. Di Desa Jungkat sebanyak 2 unit yaitu 1 unti di Balai Desa Jungkat dan 1 unit di Musholla K. Moh. Gani. Untuk bantuan PLTS di Desa Kropoh dan Desa Poteran masing-masing sebanyak 1 unit, yaitu 1 unit di Asta Adhirasa Desa Kropoh dan 1 unit lagi Musholla K. Sama'oedin Desa Poteran (Direktori Pulau-Pulau Kecil Indonesia).

4.2 Kondisi Perairan

Kondisi perairan di Pulau Raas ckup tenang, dimana menurut laporan prakiraan tinggi gelombang rata-rata mingguan (BMKG, 2019) kecepatan anginnya adalah sekitar 5-18 knot, tinggi signifikan gelombangnya 0.75 - 2.00 meter dan tinggi maksimal gelombangnya rata-rata adalah 1.0 - 2.5 meter. Kondisi perairan ini tidak akan banyak mengganggu operasional Power Plant Barge, selain itu penempatan Power Plant Barge yang berada pada daerah dekat dengan daratan, maka tinggi gelombang yang terjadi akan semakin kecil

4.3 Kondisi Kelistrikan

Kondisi kelistrikan di wilayah Pulau Raas masih sangat kurang, dari keseluruhan wilayahnya sebagian besar masih belum teraliri listrik. Bahkan beberapa daerah yang sudah teraliri listrik sekalipun masih mengalami pemadaman dikarenakan pasokan listrik yang kurang. Penyebab kurangnya pasokan listrik ini antara lain adalah karena kurangnya jumlah pembangkit listrik yang ada, penyebaran listrik yang hanya berpusat pada daerah perkotaan atau didaratan kabupaten Sumenep. Berikut adalah data kelistrikan yang sudah di suplai dari PLN :

Tabel 4.1 Jumlah KK dan suplai penerimaan listrik Pulau Raas

Jumlah KK yang belum Berlistrik					
N o	Kecamatan Raas	Desa	Dusun	Jumlah KK	Keterangan
1		Ketupat	Semua Dusun	2010	Blm Berlistrik
2		Jungkat	Semua Dusun	925	Blm Berlistrik
3		Kropoh	Semua Dusun	610	Blm Berlistrik
4		Karangnangkah	Semua Dusun	612	Blm Berlistrik
5		Alas Malang	Semua Dusun	942	Blm Berlistrik
6		Poteran	Semua Dusun	1010	Blm Berlistrik
7		Brakas	Semua Dusun	1520	Blm Berlistrik
8		Tonduk	Semua Dusun	1118	Blm Berlistrik
9		Guwa-Guwa	Semua Dusun	1145	Blm Berlistrik
	TOTAL			9892	Blm Berlistrik
				8902800	VA

Sumber : Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Sumenep 2016

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa Pulau Raas memiliki 9 desa. Dimana jumlah keluarga yang belum menerima suplai listrik sebanyak sebanyak 9892 KK.

4.4 Kebutuhan Listrik

Dari data jumlah KK yang belum berlistrik maka akan dihitung kebutuhan listrik sebagai pengganti PLN untuk mensuplai ke Pulau Raas. Berikut ini adalah asumsi jumlah kebutuhan listrik di Pulau Raas dengan asumsi tiap rumah rata-rata menggunakan daya 1300 VA. Daya ini juga digunakan karena ada penambahan asumsi kebutuhan untuk perkantoran dan perindustrian. Berikut ini adalah kebutuhan listrik di Pulau Raas :

Tabel 4.2 Data Kebutuhan Listrik untuk Perindustrian

No	Perindustrian	Jumlah	Daya (VA)	Daya Total
1	Pabrik Es	1	1300	1300
2	Pabrik Pengering Ikan	1	1300	1300
TOTAL			2600	2600

Dari Tabel 4.2 penulis mengasumsikan di Pulau Raas ada dua pabrik yaitu pabrik es dan pabrik pengeringan ikan dengan asumsi daya masing-masing pabrik 1300 VA. Sehingga di dapatkan daya total sebesar 2600 VA. Selanjutnya di Pulau Raas terdapat beberapa perkantoran seperti yang tercantum pada Tabel 4.3

Tabel 4.3 Data Kebutuhan Listrik Perkantoran di Pulau Raas

No	Perkantoran	Jumlah	Daya (VA)	Daya Total
1	Puskesmas	2	1300	2600
2	Puskesmas Pembantu	2	1300	2600
3	Poskesdes	7	1300	9100
4	Koramil	1	1300	1300
5	UPT Dinas	1	1300	1300
6	UPT Capil	1	1300	1300
7	SD	54	1300	70200
8	MI	47	1300	61100
9	SMP	3	1300	3900
10	MTs	3	1300	3900
11	SMA	1	1300	1300
12	Kantor Pos	1	1300	1300
13	Bank BRI	1	1300	1300
TOTAL			16900	161200

Tabel 4.3 adalah data kebutuhan listrik untuk perkantoran di Pulau Raas. Berdasarkan data ESDM Kabupaten Sumenep 2016, di Pulau Raas ada 13 kantor yang terdiri dari 2 Puskesmas, 2 Puskesmas Pembantu, 7 poskesdes, 1 Koramil, 1 UPT Dinas, 1 UPT Capil, 54

SD, 47 Madrasah Ibtidaiyah, 3 SMP, 3 MTs, 1 SMA, 1 Kantor Pos, dan 1 Bank BRI. Masing-masing daya yang digunakan adalah 1300 VA. Sehingga daya total sebesar 161.200 VA. Sedangkan kebutuhan listrik untuk rumah tangga di Pulau Raas sebesar 8.902.800 VA. Sehingga daya total yang dibutuhkan untuk Pulau Raas sebegai berikut :

Tabel 4.4 Total belum berlistrik di Pulau Raas tahun 2016

DAYA TOTAL UNTUK PULAU RAAS YANG BELUM BERLISTRIK		
Daya total KK yang belum berlistrik	8902800	VA
Daya total Perindustrian yang belum berlistrik	2600	VA
Daya total Perkantoran yang belum berlistrik	161200	VA
TOTAL 2016	9066600	VA
	7253280	watt
	7,25328	MW

Tabel IV.4 adalah penjumlahan dari kebutuhan listrik yang ada di Pulau Raas dari kebutuhan listrik di perindustrian , perkantoran dan rumah tangga. Sehingga didapatkan kebutuhan listrik yang harus disuplai di Pulau Raas untuk rumah tangga dan perkantoran sebesar 7.25 MW.

4.5 Penentuan Payload

Setelah diketahui data listrik dari Pulau Raas pada tahun 2016 adalah 7.25 MW, maka di buatlah peramalan data kebutuhan listrik di Pulau tersebut untuk 20 tahun ke depan menggunakan data Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Sumenep tahun 2017.

Tabel 4.5 Jumlah KK dan suplai penerimaan listrik Pulau Raas

Jumlah KK yang belum Berlistrik					
No	**Kecamatan Raas**	**Desa**	**Dusun**	**Jumlah KK**	**Keterangan**
1		Ketupat	Semua Dusun	2081	Blm Berlistrik
2		Jungkat	Semua Dusun	996	Blm Berlistrik
3		Kropoh	Semua Dusun	681	Blm Berlistrik
4		Karangnangkah	Semua Dusun	683	Blm Berlistrik
5		Alas Malang	Semua Dusun	1013	Blm Berlistrik
6		Poteran	Semua Dusun	1081	Blm Berlistrik
7		Brakas	Semua Dusun	1591	Blm Berlistrik
8		Tonduk	Semua Dusun	1189	Blm Berlistrik
9		Guwa-Guwa	Semua Dusun	1216	Blm Berlistrik
	TOTAL			10528	Blm Berlistrik
				9475357	VA

Sumber : Energi dan Sumber Daya Mineral Kabupaten Sumenep 2017

Berdasarkan Tabel 4.5 pada tahun 2017 terjadi kenaikan kebutuhan listrik menjadi 9.475.357 VA. Selanjutnya dijumlah dengan daya yang dibutuhkan oleh perindustrian dan perkantoran.

Tabel 4.6 Total belum berlistrik di Pulau Raas tahun 2017

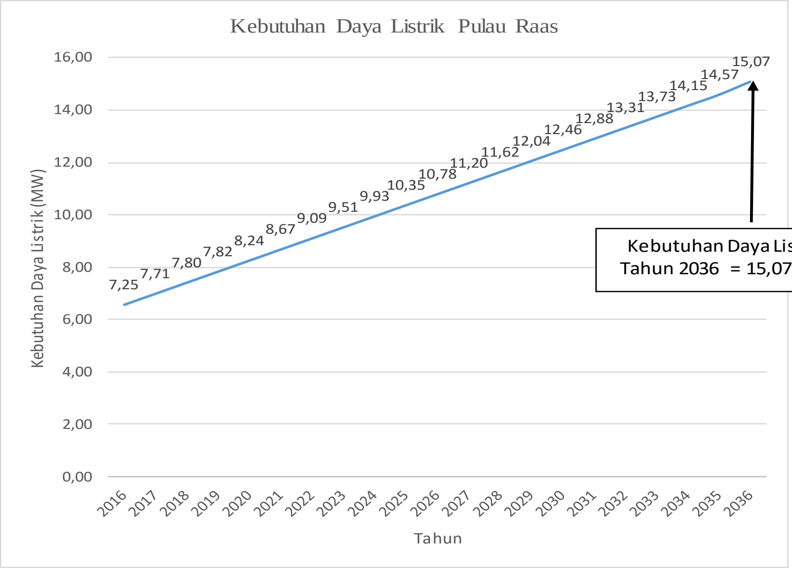
DAYA TOTAL UNTUK PULAU RAAS YANG BELUM BERLISTRIK		
Daya total KK yang belum berlistrik	9475356,6	VA
Daya total Perindustrian yang belum berlistrik	2600	VA
Daya total Perkantoran yang belum berlistrik	161200	VA
TOTAL 2016	9639156,6	VA
	7711325,28	watt
	7,71132528	MW

Dari Tabel 4.6 didapatkan total kebutuhan listrik di Pulau Raas pada tahun 2017 sebesar 7,71 MW. Untuk mengetahui kebutuhan listrik 20 tahun yang akan datang, perlu dihitung prosentase kenaikan yang ada di Pulau Raas. Berikut adalah perhitungannya :

Tabel 4.7 Persentase kebutuhan listrik per tahun

Persentase Kebutuhan Listrik/tahun		
perhari	Tahun	Kenaikan (%)
7,25 MW	2016	
7,71 MW	2017	6%

Berdasarkan Tabel 4.7, diketahui bahwa kebutuhan listrik tiap tahun di Pulau Raas meningkat 6% tiap tahun. Setelah diketahui kenaikan tiap tahunnya, maka didapatkan kebutuhan listrik di Pulau Raas pada tahun 2036. Seperti yang tercantum pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Kebutuhan listrik di Pulau Raas 20 tahun yang akan datang

Pada gambar 4.2 diperlihatkan bahwa kebutuhan listrik di Pulau Raas pada tahun 2036 adalah sebesar 15,07 MW per hari.

4.6 Prencanaan Desain Kapal

Berikut adalah data kapal pembangkit listrik di Pulau Raas. Dari tabel di bawah Pulau Raas memiliki memerlukan kapasitas sebesar 15, 07 MW

Tabel 4.8 Rencana awal kebutuhan listrik Pulau Raas

Lokasi	Nama Kapal	Kapasitas Daya (MW)
Pulau Raas	PLT - Newgate - 20 MW	15,07 MW

4.6.1 Penentuan Ukuran Utama

Penentuan ukuran utama dapat dicari dengan menggunakan Metode Geosim dengan kapal pembanding di tabel berikut.

1. Data Basic Ship (Dr Bird)

L1 = 66,5 m

B1 = 30,4 m

H1 = 4,2 m

T1 = 2,2 m

DWT 1 = 50 MW

2. Data New Ship

DWT 2 =15,07 MW

Setelah menggunakan metode geosim didapatkan ukuran utama Kapal Pembangkit Listrik Terapung.

Kapal (3 x 6,74 MW)	Panjang (L)	53,0	m
	Lebar (B)	24,2	m
	Tinggi (H)	3,9	m
	Sarat (T)	2,1	m

Tabel diatas merupakan hasil dari ukuran utama kapal pembangkit listrik terapung yang berada di Pulau Raas.

4.6.2 Penentuan Generator Set

Dari data kebutuhan listrik yang didapatkan, diketahui bahwa kebutuhan listrik yang ideal adalah 15,07 MW. Dari kebutuhan tersebut harus disediakan mesin *Generator Set* dengan bahan bakar utama gas. Setelah dilakukan pencarian di dapatkan paket *Generator Set*, dari Kawasaki dengan spesifikasi seperti pada Tabel 4.9

Tabel 4.9 Spesifikasi *genset*

Spesifikasi Generator Set		
Merk	Kawasaki Gas Turbin Generator Set	
Gas Turbine Model	M7A-02D	
Gas Turbine Generator Model	GPB70D	
Maximum Continuos Electric Output	6740	Kw
Heat Rate	11.890	kJ/kW-hr
Fuel Type	Natural Gas	
Weight	54	ton
Dimension		
Length	11,5	m
Width	2,8	m
Height	3,6	m

4.7 Perhitungan Teknis

4.7.1 Perhitungan Kapasitas Tangki Bahan Bakar

Berikut adalah penentuan kapasitas tangki bahan bakar untuk pembangkit listrik terapung dengan kapasitas listrik (3 x 6,74MW).

Bahan Bakar Gas (LNG)

Heat Rate	=	11.890 KJ/kW-hr		
	=	11269,544	BTU/kW-hr	; (British Thermal Unit)
Volume	=	75956726,468	BTU	; untuk 1 Turbin
	=	227870179,403 BTU		; Untuk 3 Turbin
	=	6455,246	m3	; per Jam
	=	154925,901	m3	; per Hari
	=	258,209835	m3	; per Hari (Liquified)
		1291 m3		; untuk 5 hari

Kapal dengan kapasitas listrik (3 x 6,74MW), tangki yang akan didesain bisa menampung 1,291 m3 LNG yang mampu mencukupi kebutuhan bahan bakar pembangkit listrik terapung selama 5 hari.

4.7.2 Perhitungan Berat Kapal

Komponen berat adalah DWT dan LWT. Yang termasuk ke dalam DWT adalah muatan yang diangkut. Sementara komponen LWT adalah berat baja *barge*, berat peralatan, dan perlengkapan. Perhitungan berat baja di 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 (VDH)

1. Volume Layer 1 (VDH1)

   Panjang Layer 1 (ℓDH1) = 12,000 m

   Lebar Layer 1 (bDH1) = 20,3m ; 2m = gangway

   Tinggi Layer 1 (VDH1) = 2,5 m ; asumsi

   Volume Layer 1 (VDH1) = ℓDH1 · bDH1 · tDH1

   = 459 m3

2. Volume Layer 2 (VDH2)

   Panjang Layer 2 (ℓDH2) = 12,000 m

   Lebar Layer 2 (bDH2) = 20,3 m ; 2m = gangway

   Tinggi Layer 2 (tDH2) = 2,5 m ; asumsi

   Volume Layer 2 (VDH2) = ℓDH2 · bDH2 · tDH2

   = 460 m3

3. Volume Layer 3 (VDH3)

   Panjang Layer 3 (ℓDH3) = 12 m

   Lebar Layer 3 (bDH3) = 20,3 m ; 2m = gangway

   Tinggi Layer 3 (tDH3) = 2,5 m ; asumsi

   Volume Layer 3 (VDH3) = ℓDH3 · bDH3 · tDH3

   = 460 m3

Volume Deck House

$V_{DH} = V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3}$

= 1379 m3

Berat Baja (WST)

DA = Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi Deck House

$$= H + \frac{V_{DH}}{L_{PP} \cdot B}$$

= 4,97 m

C_{SO} = 0,0752 t/m3

D = Berat Kapal

= 2484,74 ton

U = $\log \frac{\Delta}{100}$

= 1,3953

C_S = $C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})}$

= 0,1026

Total Berat Baja

W_{ST} = LPP · B · DA · CS

= 654,94 ton

Perhitungan berat baja di atas adalah perhitungan berat baja untuk kapal penulis yaitu sebesar W_{ST} = 654,94 ton.

4.7.3 Perhitungan Berat Komponen Listrik Utama

1. Berat Komponen Listrik Utama

1.1 Kawasaki Gas Turbin Generator Set

W_{GS} = 162 [ton] ; untuk tiga genset

1.2 Filter House

W_{FH} = 69 [ton]

1.3 Vaporizer

W_{VAPO} = 2,022 [ton]

1.4 Tiang Instalasi Listrik

$W_{\text{Tiang Instalasi Listrik}}$ = 1,05 [ton]

Total Berat Peralatan

$W_{Komponen}$ = $W_{GS} + W_{FH} + W_{VAPO} + W_{\text{Tiang Instalasi Listrik}}$

= 514,96 [ton]

4.7.4 Titik Berat Komponen Listrik

2.1 Titik berat Genset

KG_{GS} = 5,6 m

LCG_{GS} = 11,8 m

2.2 Filter House

KG_{FH} = 6,925 m

LCG_{FH} = 10,85 m

2.3 Vaporizer

K_{VAPO} = 5,9642 m

K_{VAPO} = -1,3947 m

KG Komponen = $$\frac{KG_{GS}.W_{GS} + KG_{FH}.W_{FH} + KG_{VAPO}.W_{VAPO}}{W_{GS} + W_{FH} + W_{VAPO}}$$

= 6,0 m

L_{CG} Komponen = 36,25 m dari AP

4.7.5 Perhitungan Berat Consumable

Jumlah & Berat Crew

Crew = 22 orang

CC&E = 0,08 ton/orang ; asumsi berat rata-rata manusia

WC&E = Berat Kru Total

= Zc · Cc&e

= 1,76 ton

Fresh Water

C_{w1} = 100 kg/orang hari ; Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru

= 0,004166667 ton/orang jam

C_{w2} = 0,005 ton/HP ; Koef. air tawar untuk pendingin mesin

W_{FW1} = $2.C_{w1} \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c$; Berat air tawar untuk mandi, cuci, minum

= 19,8 ton

W_{FW2} = 2.C_{w2} · BHP ; Berat air tawar untuk pendingin mesin = 406,731366 ton

$W_{FW\ total}$ = (WFW1 + WFW2)

= 426,531366 ton

W_{FW} = $W_{FW\ total}$ + 2% · $W_{FW\ total}$; terdapat penambahan koreksi 2%

= 435,06 ton

Lubricating Oil

SFR = 0,0001468552 ton/kW h ; dari data mesin (diambil yang terbesar)

MCR = 6740 kW

Margin = 10% ; (5% ~ 10%)

$W_{LO'}$ = $SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_S} \cdot (1 + Margin)$

= 26,1308353 ton

$W_{LO''}$ = $\frac{W_{LO'} + 4\% \cdot W_{LO'}}{\pi}$; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas dan π = 0.9

= 30,19563191 ton

$V_{LO''}$ = 33,55070212 m3

Provision & Store

C_{PR} = 5 kg/orang hari ; Koef. Provision & Store

= 0,000208333 ton/ orang jam

W_{PR} $= 2.\, C_P \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c$; Berat Provision & Store dan asumsi S/V 1 hari

= 0,22 ton

Total Berat Consumable and Crew (Wcons)

= $W_{LO} + W_{PR} + W_{FW} + W_{LNG} + W_{C\&E}$

= 1061,120 ton

4.7.6 Perhitungan Peralatan dan Perlengkapan

Input Data

LPP = 53,0m

B = 24,2m

H = 3,9 m

C_{ALV} = 170 kg/m2 ; Ship Design for Efficiency and Economy hal. 172

GRUP III

1. Layer I

ℓ_I = 12,0m

b_I = 20,3m

$A_I = \ell_{PO} \cdot b_{PO}$

= 243,12 m2

$$WI = \frac{A_{PO} \cdot C_{ALV}}{1000}$$

= 41,330 ton

2. Layer II

ℓ_{DH2} = 12,00 m

b_{DH2} = 20,30 m

$A_{DH2} = \ell_{DH2} \cdot b_{DH2}$

= 243,600 m^2

$$WDH2 = \frac{A_{DH2} \cdot C_{ALV}}{1000}$$

= 41,41 ton

3. Layer III

ℓ_{DH3} = 12,0m

b_{DH3} = 20,3m

$A_{DH3} = \ell_{DH3} \cdot b_{DH3}$

= 243,600 m=

$$W_{DH3} = \frac{A_{DH3} \cdot C_{ALV}}{1000}$$

= 41,412 ton

W Total $= \mathbf{W_{DHI} + W_{DH2} + W_{DH3}}$

= 124,154 ton

Grup IV

C = 0,23 ton/m2 ; 0.18 ton/m2 < C < 0.26 ton/m_2 untuk ukuran sedang, Ship Design Efficiency and Economy hal 172

W_{IV} = $\sqrt[3]{(L_{PP} \cdot B \cdot H)^2} \cdot C$; untuk ukuran sedang

= 67,27201906 ton

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$W_{E\&O}$ = W_{Total} + W_{IV}

= 191,426 ton

4.7.7 Perhitungan Berat Total

Perhitungan berat total meluputi berat DWT dan LWT

Berat LWT

LWT = W_{ST} + $W_{E\&O}$ + $W_{Komponen}$

= 1361,329 ton

Berat DWT

DWT = W_{cons}

= 1061,120 ton

Sehingga untuk koreksi dispalcement adalah sebagai berikut :

Total LWT	1361,329	ton
Total DWT	1061,120	ton
DWT + LWT	2422,449	ton
Displasemen	2484,740	ton
Margin (2-10)%	3%	**Diterima**

4.7.8 Perhitungan Freeboard

- Freeboard standart yaitu freeboard yang tertera pada tabel freeboard standar sesuai dengan tipe kapal.

Fb = 478 mm

- Koreksi untuk kapal di bawah 100m (Fb1)

Untuk kapal dengan panjang 24< L < 100 m dan mempunyai superstructure tertutup dengan panjang efektif mencapai 35%L.

F_{B1} = 123,37 mm

- Koreksi koefisien blok (untuk kapal dengan Cb > 0.68)

$= F_b \cdot \frac{C_B + 0.68}{1.36}$

= 698,6477511 mm

- Koreksi tinggi (Fb_3)

Koreksi dilakukan apabila D > L/15.

D = tinggi kapal = 3,9 m

L/15 = 3.5 ; D>L/15, maka F_{B3} = Fb2+ (R(D-(L/15)))

F_{B3} = 698,65 mm

- 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.

Freeboard standart	= 478 mm
Koreksi Panjang	= 123.37 mm
Lambung timbul (Freeboard) minimum	= 698.65 mm

Dari perhitungan batasan yang telah dibuat didapat nilai lambung timbul minimum adalah 698.65 mm. Lambung timbung yang didapatkan dari H – T didapat nilai 1800 mm. Jadi lambung timbul barge telah memenuhi standar.

Batasan

1. Lambung Timbul Sebenarnya

Fba = H - T

= 1,8

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Kondisi = Diterima

4.7.9 Perhitungan Trim

Trim adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan even keel merupakan kondisi di mana sarat belakang TF dan sarat depan Ta adalah sama.

Trim terbagi dua yaitu :

1. Trim haluan
2. Trim buritan

Perhitungan trim menggunakan rumus *Parametric Design chapter 11 [Parsosns]*

Sifat Hidrostatik

1. KB

KB/T = 0.9 - 0.3 · CM - 0.1 · CB ; Parametric Ship Design hal. 11 - 18

= 0,518 m

KB = 1,08675 m

2. BM_T

C_I = 0.1216 · CWP - 0.041
Transverse Inertia Coefficient
Parametric Ship Design hal. 11 - 19
= 0,072186472

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

= 54222,79 m^4

BM_T = I_T / ∇ ; jarak B dan M secara melintang

= 22,36 m

3. BM_L

C_{IL} = 0.350 · CWP2 – 0.405 · CWP + 0.146
Longitudinal Inertia Coefficient
= 0,072

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

= 260363,3892 m^4

BM_L = I_L / ∇ ; jarak B dan M secara melintang

= 107,40 m

4. GM_L = $KB + BM_L - KG$

= 102,6913652

5. Trim $\frac{(LCG - LCB) \cdot L_{PP}}{GM_L}$; Parametric Ship Design hal 11 - 27

= -1,72346844 m

Kondisi Trim

Trim Haluan

6. Batasan Trim

Δ (LCG - LCB)

= -3,339

0.1% · LPP

= 0,053 m

Kondisi Batasan Trim

Diterima

4.7.10 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 *Intact Stability* Kapal Newgate dilakukan dalam 4 tahap skenario, diantaranya adalah :

- Loadcase 1. Full Load 98% Bunker
- Loadcase 2. Half Load 50% Bunker
- Loadcase 3. MT Load 10 % Bunker
- Loadcase 4. Lightweight (LWT) 0% Bunker

Intact Stability mengacu pada kriteri yang telah diatur dalam intact stability *(IS) Code IMO MSC.267(85) Code on Intct Stability*. Berikut adalah hasilnya :

Tabel 4.10 Hasil perhitungan stabilitas

Item	Kriteria IMO	Lc 1	Lc 2	Lc 3	Lc 4	Kondisi
2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	4,5837 m.deg	61,07	47,05	50,293	90,67	Diterima
2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50%	0	0	0	0	Diterima
2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20 deg	78,2	54,3	50,3	75,2	Diterima
2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length	15deg	78,2	54,3	50,3	75,2	Diterima

Berdasarkan kondisi pada Tabel 5.12, maka telah dibuktikan bahwa ukuran utama yang dihasilkan dari proses metode geosim telah memenuhi kriteria stabilitas.

4.7.11 Crew dan Operasional Power Plant Barge

Dalam operasional *Power Plant Barge* ini, ada dua divisi yang menjalankan yaitu Departemen Dek, Departemen Engineering dan Departemen Produksi. Seluruh Crew berjumlah 22 anggota, dimana list anggota seperti pada list di bawah ini.

- **Deck Department**

Captain	1	
Seaman	3	*; 3 shift*
jumlah	**4**	

◉ **Engineering Department**

Manager	1	
Eng. Sistem Mekanikal	6	*; 3 shift*
Eng. Sistem Elektrikal	6	*; 3 shift*
Perenc. Pengend. Operasi dan Pemeliharaan	1	
jumlah	**14**	

◉ **Production Department**

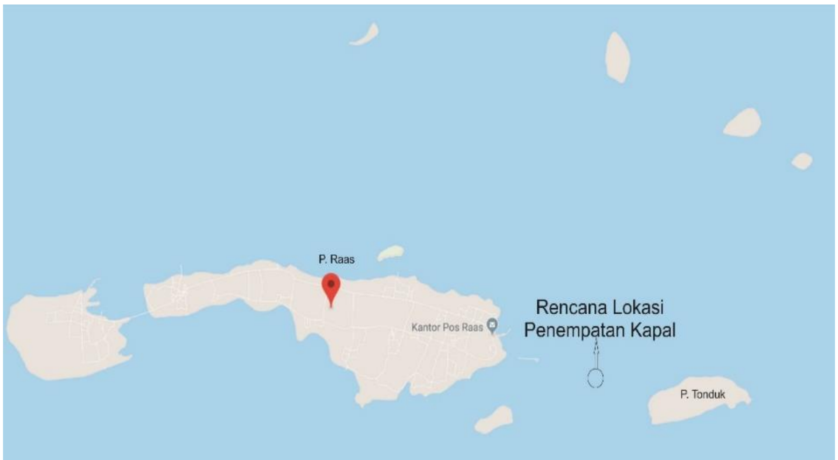
Manager	1
Eng. Perenc. Pengend. Bahan Bakar dan Pelumas	2
Logistik	1
Jumlah	**4**

Sumber : penelitian oleh Dimas Hariyanto "Deain Power Plant Barge 20 Mw Tenaga Gas Sebagai Unit Pembantu Wilayah Kabupaten Selayar Sulawesi Selatan.

Dari keseluruhan kru yang berjumlah 22 orang, ada dua bagian yang memiliki system shift, dimana dalam sehari dibagi menjadi tiga shift yaitu bagian Engineer Sistem Mekanikal dan Engineer Sistem Elektrikal, dari Divisi Engineering dan Seaman dari departemen dek dikarenakan ketiga bagian ini harus memonitor seluruh sistem permesinan, kelistrikan, dan keadaan barge. Dan untuk anggota crew yang lain memiliki jam kerja normal yaitu dari pagi sampai sore hari.

4.8 Penentuan Lokasi

Lokasi yang dipilih untuk menempatkan kapal pembangkit listrik adalah pada laut di antara Pulau Raas dan Pulau Tonduk, seperti yang ada pada Gambar 4.3. Berdasarkan informasi

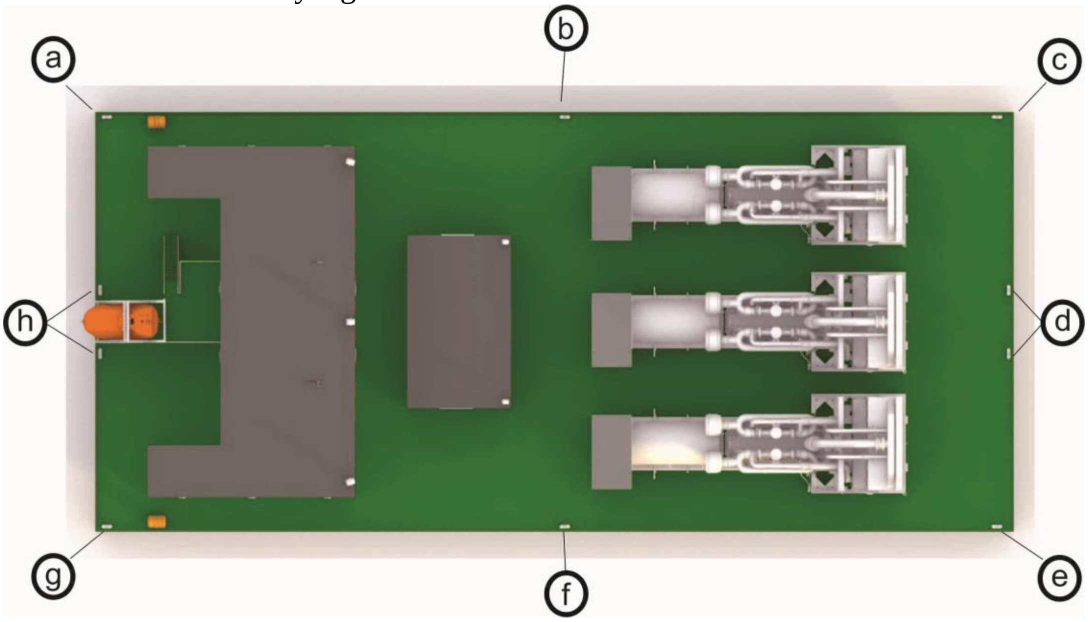


Gambar 4.3 Lokasi penempatan kapal pembangkit listrik
Sumber : https://www.google.co.id/mpas

Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG), wilayah perairan tersebut cukup tenang, dimana menurut laporan prakiraan tinggi gelombang rata-rata mingguan kecepatan anginnya adalah sekitar 5-10 knot, dengan tinggi maksimal gelombangnya adalah 1.0 – 2.5 meter.

4.9 Sistem Penambatan

Sistem yang dipakai mengguanakan s*pread* mooring. Pada sistem ini tidak memungkinkan bagi Pembangkit Listrik Terapung untuk bergerak/berputar. Pada sistem ini digunakan satu set *anchor leg* dan *mooring line.* Sistem ini digunakan karena paling sederhana sebagai sarana tambat kapal. Peralatan yang digunakan biasanya merupakan peralatan yang pada umumnya sudah tersedia di kapal. Spread mooring dapat diterapkan pada setiap tipe kapal termasuk Pembangkit Listrik Terapung. Pada Gambar 4.4 ada beberapa tali tambat yang digunakan agar kapal tetap diam. Tali tambat terdapat dibagian port side, starboard, serta bagian haluan dan buritan kapal. Tali tambat sengaja disebar kedalam tiga bagian ini agar pembangkit listrik berada dalam kondisi yang diam.



Gambar 4.4 Penambatan pembangkit listrik terapung

4.10 Pembuatan *Lines Plan*

Dalam proses merancang sebuah kapal maka yang pertama dilakukan adalah pembuatan rencana garis. Dalam pembuatan rencana garis ini digunakan software Maxsurf. Caranya adalah dengan perpaduan antara maxsurf dengan AutoCad. Pada Program Maxsurf juga disediakan beberapa desain dasar kapal, seperti Tanker Bow, series 60, ship 1, ship 2, ship 3 dan sebagainya. Dengan memanfaatkan desain dasar tersebut (berupa bagian bentuk kapal), maka

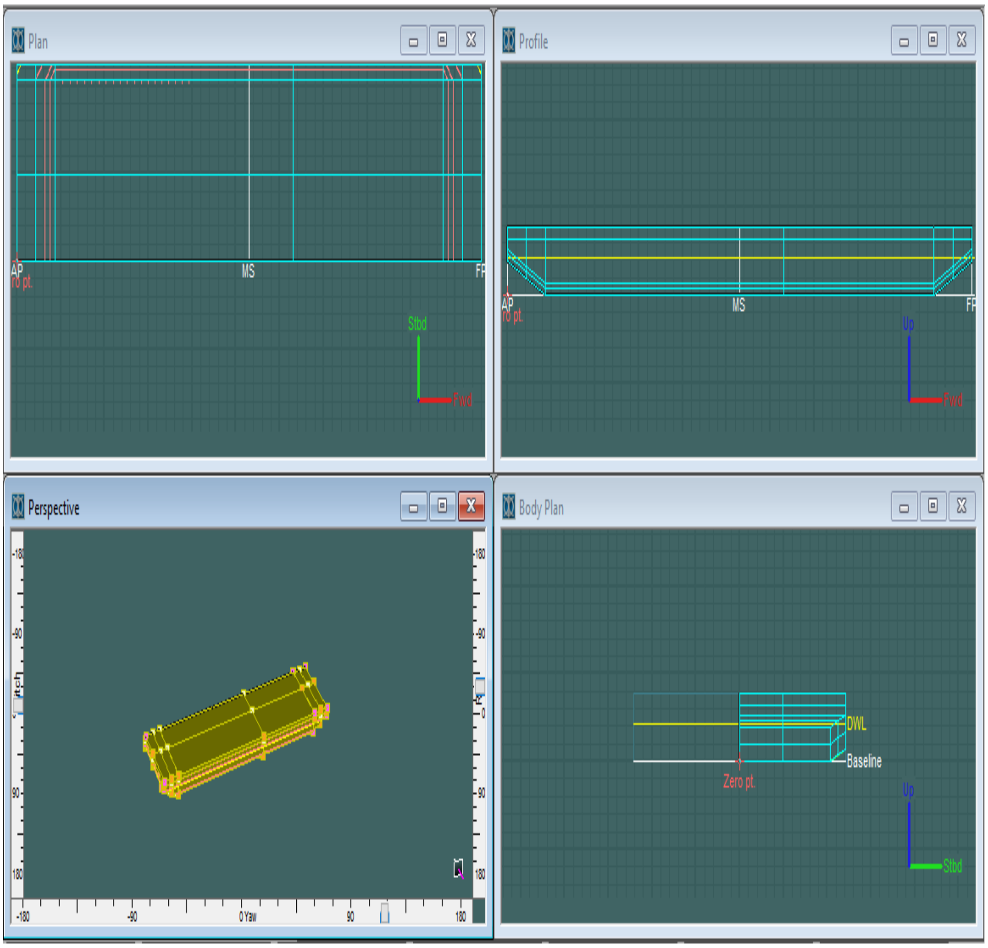
bisa dibuat bagian kapal lainnya dengan menggunakan bentuk-bentuk dasar seperti model kapal yang dipilih.

Dalam proses desain barge ini, pembuatan rencana garis di maxsurf dilakukan dengan membuat surface baru. Surface tersebut diatur sedemikian rupa agar didapatkan bentuk kapal yang sesuai. Panjang, lebar, tinggi dan sarat disesuaikan dengan ukuran utama yang telah didapatkan dari proses geosim.

4.10.1 *Lines Plan*

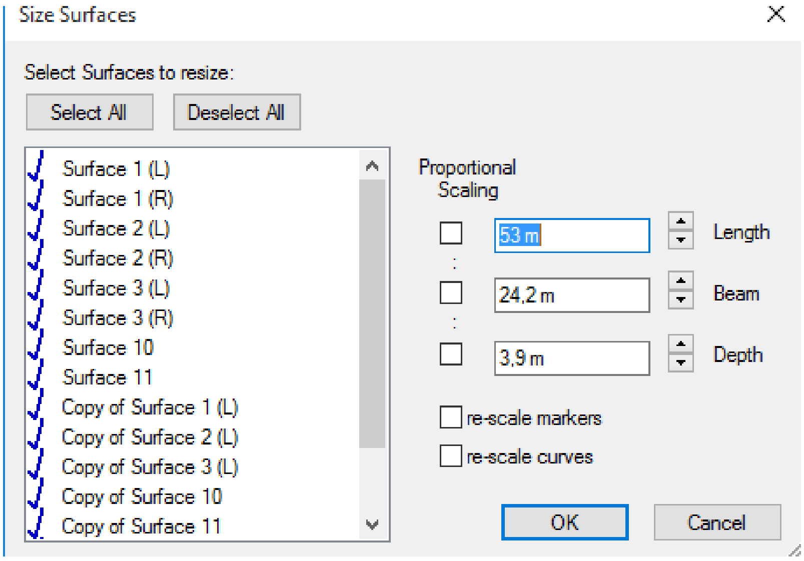
Rencana Garis merupakan gambar yang menyatakan bentuk potongan body kapal dibawah garis air yang memiliki tiga sudut pandang yaitu, body plan (secara melintang), buttock plan (secara memanjang)dan half breadth plan (dilihat dari atas).

Ada berbagai cara membuat lines plan. Namun seiring dengan kemajuan teknologi, kini telah hadir software khusus yang bisa digunakan untuk menggambar lines plan dalam waktu yang singkat. Software dimaksud adalah Maxsurf. Dengan maxsurf sebagai awalnya dan dengan Auto Cad sebagai penyempurna, maka waktu pengerjaan menjadi lebih efisien.



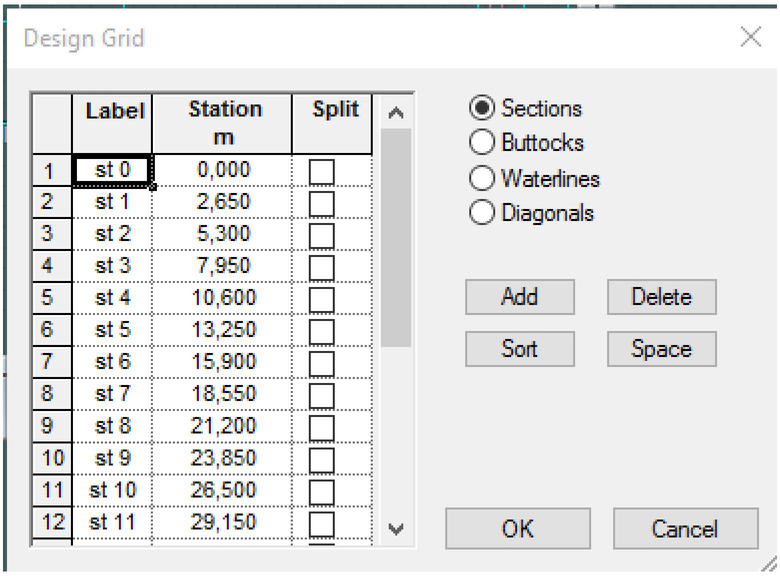
Gambar 4.5 Model dan rencana garis yang akan dibuat

Gambar 4.5 menunjukkan model dan rencana garis yang akan dibuat dari Pembangkit Listrik Terapung. Setelah model selesai dibuat, langkah selanjutnya adalah menentukan panjang, lebar, dan tinggi dari model yang dibuat. Caranya yaitu dengan mengubah ukuran surface pada menu surface > size suface kemudian akan muncul kotak dialog pada Gambar 4.6



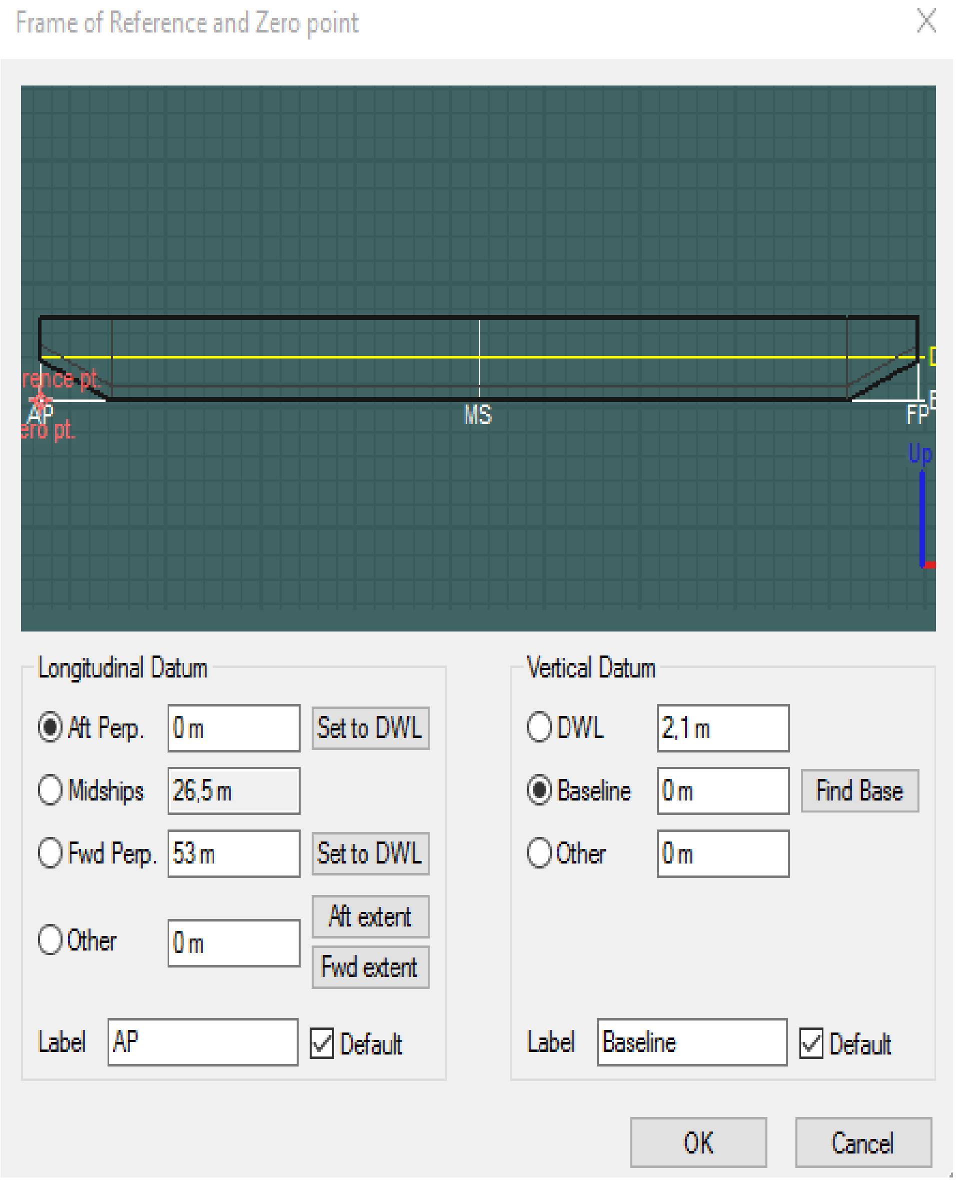
Gambar 4.6 Tab size surface

Untuk panjang diisi dengan panjang Lpp, lebar dan tinggi disamamkan 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 4.7.



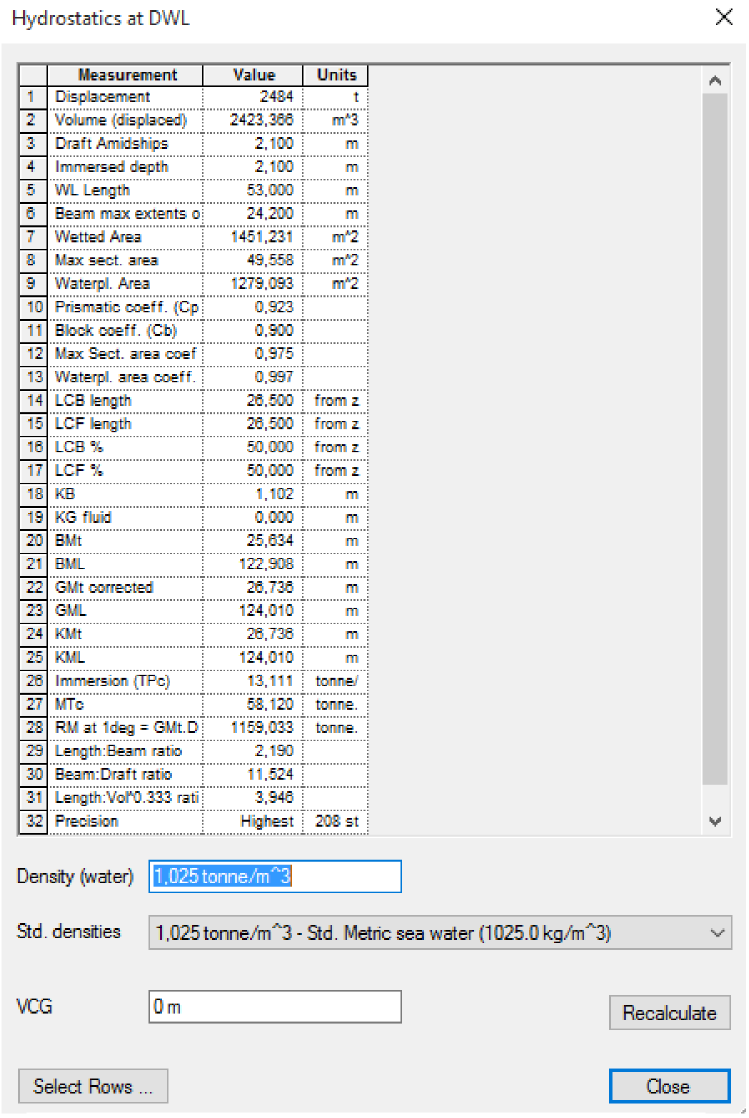
Gambar 4.7 Pengaturan jumlah *section*, *buttock*, dan *waterline*

Setelah ukuran sesuai kemudian ditentukan sarat dari model ini. untuk memasukkan nilai sarat kapal dilakukan dengan mengakses menu data > frame of reference. Pada menu ini akan tampak panjang Lwl kapal, seperti pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pengaturan sarat dari model dalam maxurf

Setelah sarat kapal ditentukan selanjutkan dilakukan pengecekkan nilai hidrostatik dari model yang dibuat, yaitu dengan mengakses menu data > calculate hydrostatic. Dari sini akan tampak data-data hidrostatik dari model. Jika data belum sesuai dengan perhitungan maka perlu dilakukan perubahan terhadap model. Namun ketika data hidrostatik telah sesuai maka model ini dapat langsung diexport ke format dxf untuk diperbaiki dengan software Autocad.



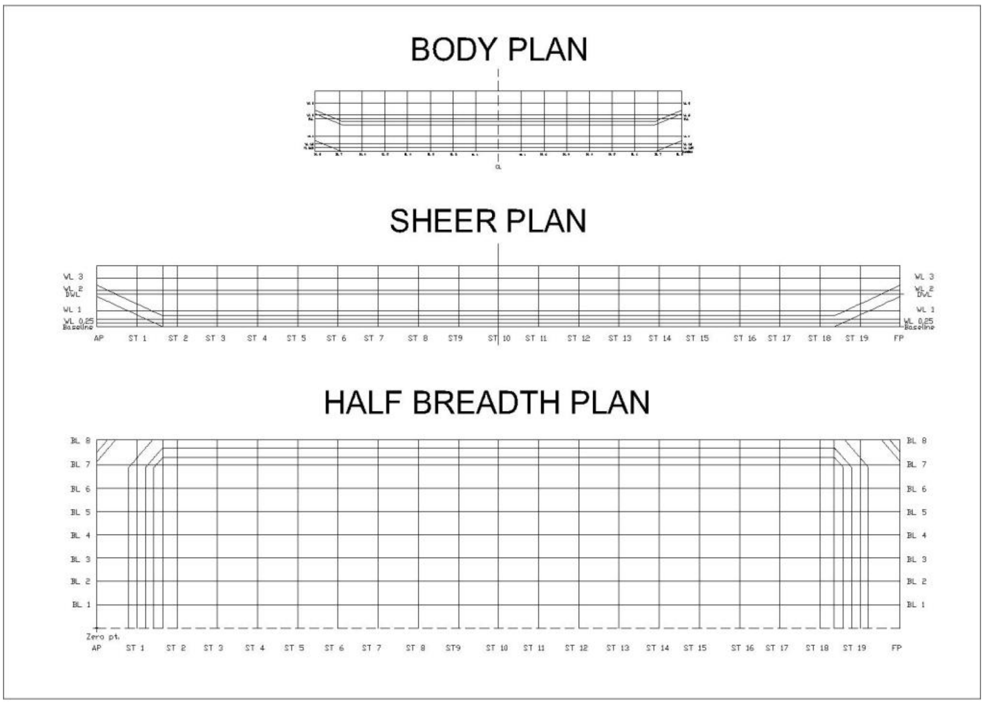
	Measurement	Value	Units
1	Displacement	2484	t
2	Volume (displaced)	2423,366	m^3
3	Draft Amidships	2,100	m
4	Immersed depth	2,100	m
5	WL Length	53,000	m
6	Beam max extents o	24,200	m
7	Wetted Area	1451,231	m^2
8	Max sect. area	49,558	m^2
9	Waterpl. Area	1279,093	m^2
10	Prismatic coeff. (Cp	0,923	
11	Block coeff. (Cb)	0,900	
12	Max Sect. area coef	0,975	
13	Waterpl. area coeff.	0,997	
14	LCB length	26,500	from z
15	LCF length	26,500	from z
16	LCB %	50,000	from z
17	LCF %	50,000	from z
18	KB	1,102	m
19	KG fluid	0,000	m
20	BMt	25,634	m
21	BML	122,908	m
22	GMt corrected	26,736	m
23	GML	124,010	m
24	KMt	26,736	m
25	KML	124,010	m
26	Immersion (TPc)	13,111	tonne/
27	MTc	58,120	tonne.
28	RM at 1deg = GMt.D	1159,033	tonne.
29	Length:Beam ratio	2,190	
30	Beam:Draft ratio	11,524	
31	Length:Vol^0.333 rati	3,946	
32	Precision	Highest	208 st

Gambar 4.9 Perhitungan hidrostatik maxurf

Dari Gambar 4.9 dapat diketahui bahwa ukuran model telah sesuai dengan perhitungan. Dari perhitungan displacement adalah 2484,14 Ton, sedangkan displacement yang diperoleh dari model maxsurf adalah 2484 Ton. Selisih antara keduanya adalah 0.14 ton. Maka secara umum model yang telah dibuat dapat dilanjutkanke proses selanjutnya

Untuk menyimpan rencana garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik file > export > DXF and IGES, atur skala 1:1, kemudian klik ok dan save file baru tersebut. Cara ini berlaku untuk semua pandangan dari model. Setelah didapatkan body plan, sheer plan dan halfbreadth plan, langkah selanjutnya adalah menggabung ketiganya dalam satu file dwg yang merupakan output dari software autocad. Dalam proses

penggabungan juga dilakukan sedikit editing pada rencana garis yang telah didapat. Gambar 4.10 merupakan rencana garis dari barge yang dirancang.



Gambar 4.10 Rencana garis

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

4.11 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 Construstion"* (Taggart, 1980), karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian yakni:

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

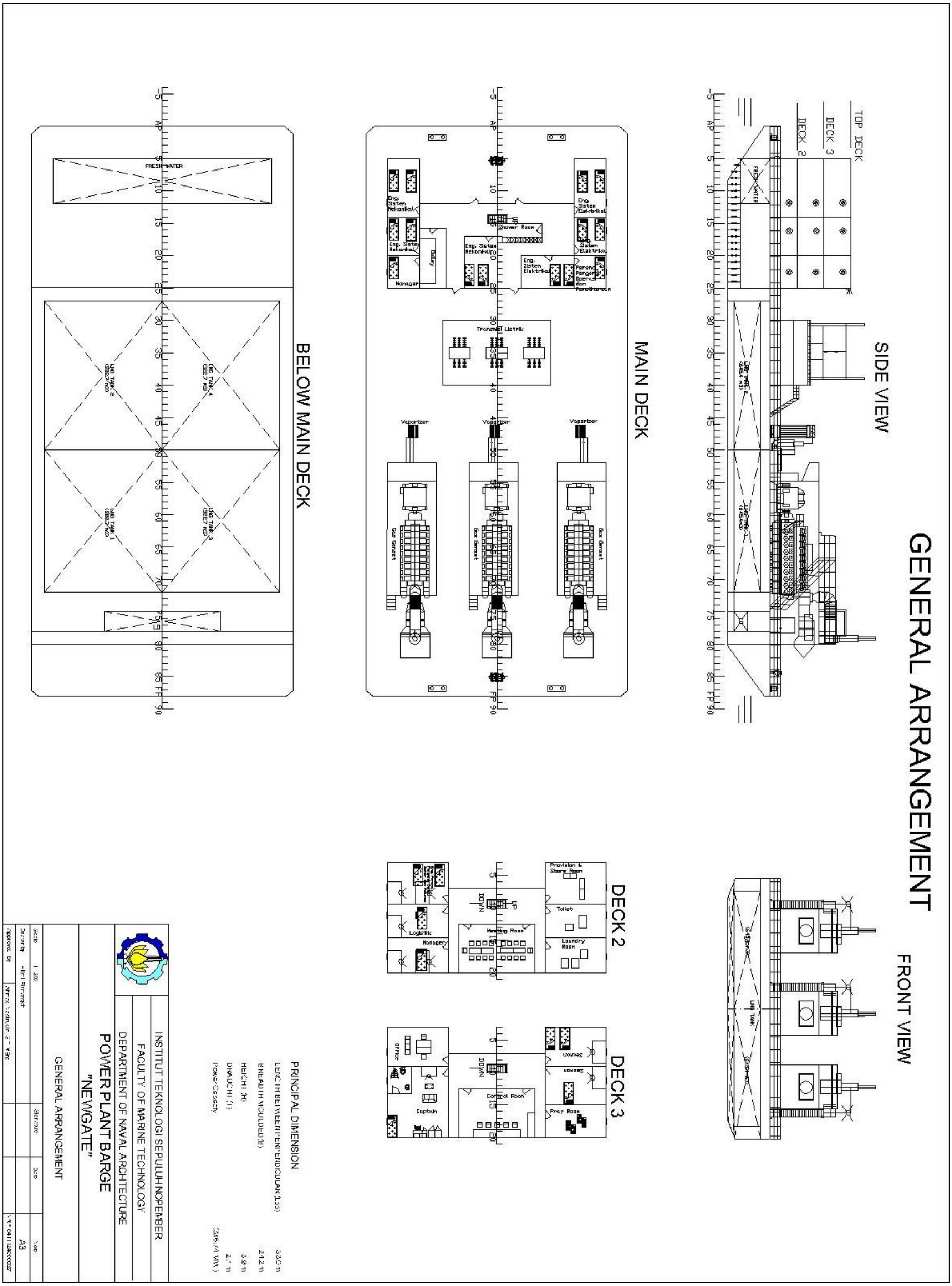
Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah:

- Geladak tempat Generator set
- Maintenance Area
- Ruangan kerja
- Tangki-tangki (bahan bakar, air tawar, dan lain-lain)
- Ruangan-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 4.11 adalah Rencana Umum dari Pembangkit Listrik Terapung :



Gambar 4.11 Rencana umum

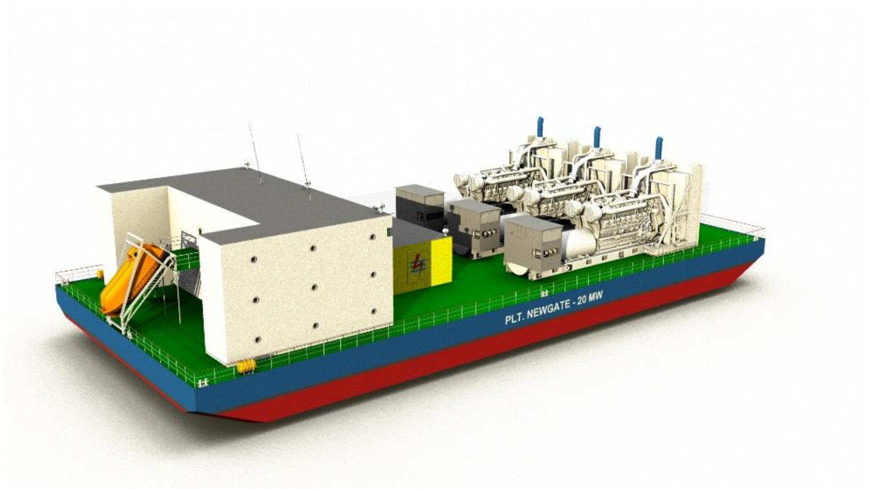
Penyusunan rencana umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapat dari data rencana umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan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

- Penentuan peletakan Generator Set pada geladak
- Metode penyimpanan bahan bakar sementara 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, kebutuhan *fresh water* dan yang lainnya.
- 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. Hasil Rencana Umum dapat dilihat pada Gambar 5.8.

4.12 Pembuatan 3D Model

Pembuatan 3D model ini menggunakan bantuan *software Rhino 6*. Gambar 4.12 dan Gambar 4.13 adalah hasil dari 3D model untuk Pembangkit Listrik Terapung Newgate 20 MW.



Gambar 4.12 Tampak belakang isometric

Gambar 4.13 Tampak depan isometric

4.13 Analisis Ekonomis

4.13.1 Biaya Investasi

Perkiraan dana yang diperlukan untuk merealisasikan pembangkit listrik terapung ini dilakukan dengan menghitung biaya untuk sistem pembangkit yang direncanakan dan biaya operasional. Berikut ini perhitungan biaya pembangunan kapal di Pulau Raas.

Tabel 4.11 Tabel biaya investasi

Komponen			Biaya Investasi
Biaya Pembangunan Kapal			Rp10.788.088.098
Biaya Tanki LNG	1291	m3	Rp17.019.683.333
Biaya Alat Regasifikasi	1	unit	Rp538.216.000
Biaya Genset	20220	Kw	Rp259.584.360.000
Biaya Instalasi Listrik			
a)Transmisi dan Gardu Listrik	49,9	kms	Rp31.087.700
Total			Rp 287.961.435.132

Tabel 4.11 menunjukkan bahwa biaya investasi untuk kapal Newgate dengan kapasitas daya listrik (3 x 6,74 MW) yaitu sebesar Rp 287,961,435,132.

4.13.2 Biaya Operasional

Biaya operasional kapal adalah biaya yang dikeluarkan kapal pembangkit listrik terapung selama pengoperasian kegiatan pelayanan listrik, yang dikelompokkan atas komponen biaya seperti yang ada pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan Biaya Operasional Kapal

Biaya Operasional					
Perhitungan Biaya Operasional					
Gaji Crew		Rp	174.000.000,00	/Bulan
		Rp	2.088.000.000,00	/Tahun
Jumlah Crew	=	22		Orang
Repair & Maintenance	=	5% dari harga kapal		
	=	Rp	587.950.801,36	
Asuransi Kapal	=	1,5% dari harga kapal		
	=	Rp	176.385.240,41	
Supplies Crew	=	Rp	50.000	Oranng/Hari
	=	Rp	363.000.000	Orang/Tahun
Harga Fresh Water	=	Rp	12.545.280	/tahun
Dokumen & Administrasi	=	Rp	500.000	/hari
	=	Rp	165.000.000	/tahun
Biaya bahan bakar	=	Rp	117.728.297.527	/tahun
Regasifikasi	=	Rp	2.098.190.477	/tahun
Total Biaya Operasional	=	Rp	121.305.419.326,19	/tahun

Tabel diatas merupakan hasil total biaya operasional dari Kapal Newgate sebesar Rp. 121,305,419,326.19/tahun. Komponen biaya operasional yang paling besar didapat dari biaya bahan bakar pembangkit listrik yaitu sebesar Rp. 117,728,297,527

Tabel 4.13 Perhitungan biaya depresiasi

Komponen			Biaya Investasi	Umur Ekonomis	Biaya Depresiasi (Rp/Tahun)
Biaya Pembangunan Kapal			Rp 10.788.088.098	20	Rp 539.404.405
Biaya Tanki LNG	1291	m3	Rp 17.019.683.333	20	Rp 850.984.167
Biaya Alat Regasifikasi	1	unit	Rp 538.216.000	20	Rp 26.910.800
Biaya Genset	20220	Kw	Rp 259.584.360.000	20	Rp 12.979.218.000
Biaya Instalasi Listrik					
a)Transmisi dan Gardu Listrik	49	kms	Rp 31.087.700	20	Rp1.554.385
Total					Rp 14.398.071.757

Tabel 4.13 merupakan hasil dari biaya depresiasi Kapal Newgate yaitu sebesar Rp. 14,398,071,757 /tahun. Total biaya depresiasi didapatkan dari biaya masing-masing investasi dibagi dengan umur ekonomis. Biaya depresiasi ini digunakan untuk mengetahui total biaya yang dikeluarkan Kapal Newgate tiap tahunnya. Sehingga didapatkan total biaya Kapal Newgate adalah sebesar Rp 135,703,491,082.77/tahun

Total biaya tersebut didapatkan dari total biaya depresiasi Kapal Newgate ditambah dengan total biaya operasional.

4.13.3 Produksi Biaya Listrik Per KwH

BPP (Biaya Pokok Penyediaan) adalah total biaya untuk penyediaan tenaga listrik (Rp/Kwh). Untuk menentukan biaya listrik per kwh bisa dengan menjumlahkan total biaya kapal pembangkit dan total biaya dari suplai LNG dan dibagi total muatan yang terangkut sehingga didapat unit cost Rp/ton.

Tabel 4.14 Biaya produksi kapal per Kwh

Biaya Pokok Penyediaan

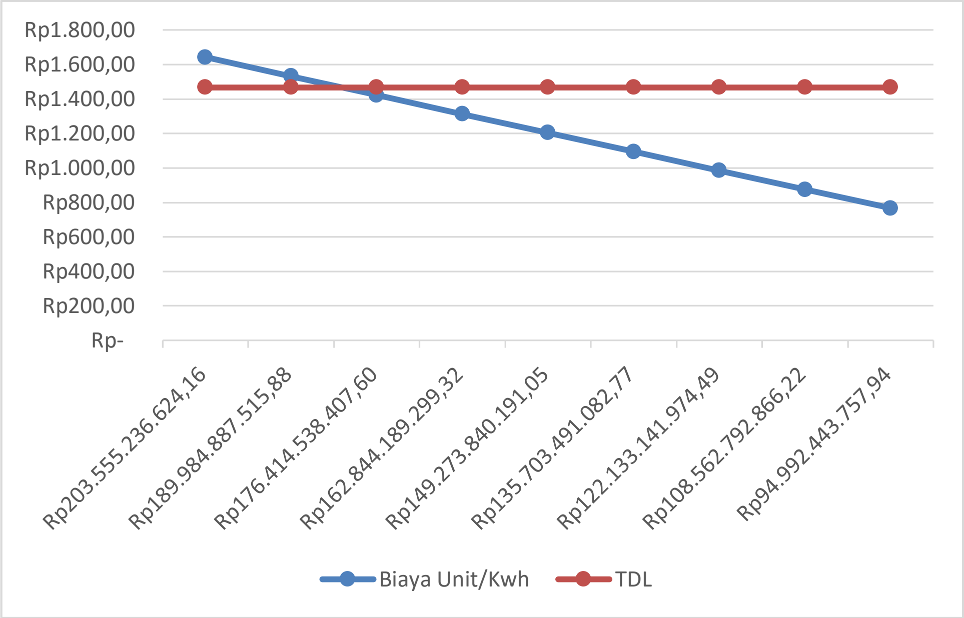
Pulau	Kebutuhan Listrik (MW/tahun)	Kebutuhan LNG per tahun (ton/tahun)	Kapal	Daya Kapal	Total biaya Power Barge	Biaya Unit (Rp/ton)	Biaya Unit (Rp/Kwh)
Raas	5501	39196	Newgate	20,22	Rp 135.703.491.082,77	Rp 3.462.177,04	Rp 1.094,37

Dari Tabel 4.14 didapatkan BPP dari Kapal Newgate yaitu dengan total biaya Rp. 135,703,491,082.77 dengan BPP sebesar Rp 1094.37 /Kwh.

4.13.4 Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui bagaimana jika asumsi-asumsi yang digunakan dalam perhitungan ini berubah dan bagaimana pengaruhnya terhadap kondisi kelayakan. Analisis ini menjadi bagian penting bagi pengambil keputusan untuk mengetahui tingkat sensitivitas dari keputusan yang akan diambil dan bagaimana perubahan yang akan terjadi apabila variabel penting berubah.

Melihat dari beberapa alternatif yang dibuat, maka pada penelitian ini, akan dilakukan analisis sensitivitas kelayakan Biaya Pokok Penyediaan (BPP) terhadap Tarif Dasar Listrik (TDL) dimana nilai TDL sebesar Rp. 1,467/Kwh. Dengan mengubah variabel yaitu harga LNG ditambah 10 % dan dikurangi 10 % dari total biaya masing-masing kapal pembangkit listrik terapung. Gambar 4.14 adalah hasil dari perhitungan sensitivitas Pembangkit Listrik Newgate:



Gambar 4.14 Grafik analisis sensitivitas Pembangkit Listrik (PLT) Newgate

Grafik pada Gambar 4.14 menunjukkan bahwa PLT Newgate dengan total biaya Rp. 189,984,887,515.88 hingga Rp 203,555,236,624.16 berada pada kondisi tidak layak karena nilai Biaya Pokok Penyediaan (BPP) melebihi Tarif Dasar Listrik (TDL) yang dikeluarkan oleh pemerintah dalam hal ini PLN. Sedangkan dengan total biaya 135,703,491,082.77 masih layak, karena nilai BPP lebih kecil dari pada nilai TDL.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

1. Didapatkan *payload* untuk kurun waktu 20 tahun yang akan datang sengan nilai sebesar 15,07 MW di tahun 2036.
2. Ukuran utama pembangkit listrik terapung didapatkan sebagai berikut :

- PLT Newgate

  Panjang (LPP) = 53,00 m

  Lebar (B) = 24,20 m

  Tinggi (H) = 3,9 m

  Sarat (T) = 2,1 m

3. Lokasi yang dipilih untuk menempatkan kapal pembangkit listrik adalah pada laut di antara Pulau Raas dan Pulau Tonduk. Wilayah perairan ini cukup tenang, dimana menurut laporan prakiraan tinggi gelombang rata-rata mingguan kecepatan anginnya adalah sekitar 5-10 knot, dengan tinggi maksimal gelombangnya adalah 1.0 – 2.5 meter.
4. Pada pembangkit listrik terapung ini menggunakan *spread mooring* untuk penambatnya.
5. Didapatkan rencana garis, rencana umum, dan 3D Model.
6. Estimasi biaya pembangunan Pembangkit Listrik Terapung (PLT) Newgate adalah Rp 135,703,491,082.77 dengan BPP = Rp 1,094/Kwh.

5.2 Saran

Beberapa saran yang bisa diberikan berkaitan dengan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu ditinjau kembali mengenai komponen biaya karena masih menggunakan pendekatan
2. Perlu ditinjau kembali tentang konstruksi dari *Power Plant Barge*

DAFTAR PUSTAKA

Anggoro, D. (2011). *Perancangan Kapal Penumpnag Fiberglass dengan Menggunakan Tenaga Matahari.* Surabaya: ITS.

Barass, D. B. (2004). *Ship Design and Performance for Masters and Mates.* Oxford: Elsevier.

Evans, J. H. (1959). *Basic Design Concept.* Jersy City: Journal of The American Society for Naval Engineers.

IMMA, G. (2015). Powership.

International Maritime Organization (IMO). (Edisi 2005). International Convention on Load Lines, 1966, pengembangan dari (IMO 1966). London: Publishing IMO.

katadata.co.id. (2014, 7 2). *energi*. Diambil kembali dari katadata.co.id: https://katadata.co.id/infografik/2014/07/02/cadangan-gas-indonesia-terbesar-ke-14-dunia

Lewis, E. V. (1998). *Principles of Naval Architecture.* Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

Mancini, G. (2015). *Electric Power by Ship.*

Marsudi. (2005). *Pembangkit Energi Listrik* . Jakarta: Airlangga.

Parsons, M. G. (2001). *Parametric Design.* Michigan: University of Michigan.

PT PLN, (. (2019, November 2). Diambil kembali dari www.pln.co.id.

Schneekluth, V. B. (1998). *Ship Design Efficiency and Economy.* Inggris: Oxford.

Shovi, H. T. (2016). *Desain Konseptual Pembangunan Listrik Terapung : Studi Kasus Kepulauan Sumenep.* Surabaya: ITS.

Taggart, R. (1980). *Ship Design and Construction.* New York: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.

LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Teknis

Lampiran B Investasi Kapal

Lampiran C Biaya operasional

Lampiran D Analisis Sensitifitas

Lampiran E Lines plan, General Arrangement, dan 3D model

LAMPIRAN A

PERHITUNGAN TEKNIS

Data Ukuran Utama

L =	53,001	m	173,89464	Ft
B =	24,200	m	79,4002	Ft
H =	3,900	m	12,7959	Ft
T =	2,100	m	6,8901	Ft
p =	1,025	ton/m3		

Perhitungan Koefisien Kapal :

1. Perbandingan Rasio Ukuran Utama:

L/B=	3,79		Range	3,5<L/B<10	PNA hal. 19
B/T=	4,57		Range	1,8<B/T<5	PNA hal. 19
L/T=	24,61		Range	10<L/T<30	PNA hal. 19

2. Block Coeffisien

cb =	0,90

3. Midship Section Coeffisien

Cm = 0.977 +0.085(Cb-0.6) (Sumber: Parametric Design Chapter 11, p11-12)

Cm =	0,975

5. Waterplan Coeffisien

Cwp = Cb / (0.471 + 0.551*Cb)

Cwp =	**0,931**	(Cwp ± 0.845) (Sumber: Naval Architecture for the Salvage Engineer, hal. I-6)

6. Prismatic Coeffisien

Cp = Cb/Cm (Sumber. Parametric Design Chapter 11)

Cp =	**0,923**	(0.73 ≤ Cp ≤ 0.85) (Sumber: Naval Architecture 4th, hal. 37)

7. Longitudinal Center of Bouyancy LCB

(taken from hydrostatis of the model)

LCB =	**26,50**	**m dari FP**	**=**	**26,50**	**m dari AP**	**0**	**m dari midship**

8. Length of Waterline (Lwl)

Lwl =	**53,0**	**m**

9. Volume Displacement (m^3)

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

∇ = 2424,14 m^3

10. Displacement (ton)

Δ (ton) $L*B*T*C_B*\rho$

Δ (ton) 2484,74 ton

11. Ringkasan

L (m) =	53,00	Cb =	0,900	LCB % (from AP)=	0,00
B (m) =	24,20	Cm =	0,975	LCB dr AP (m) =	26,50
H (m) =	3,90	Cwp =	0,931	LCB dr Midship (m) =	0,00
T (m) =	2,10	Cp =	0,923	Lwl =	53,0
				∇ (m^3) =	2424,14
				Δ (ton)	2484,74

Spesifikasi Generator Set		
Merk	Kawasaki Gas Turbin Generator Set	
Gas Turbine Model	M7A-02D	
Gas Turbine Generator Model	GPB70D	
Maximum Continuos Electric Output	6740	Kw
Heat Rate	11.890	kJ/kW-hr
Fuel Type	Natural Gas	
Weight	54	ton
Dimension		
Length	11,5	m
Width	2,8	m
Height	3,6	m

Perencanaan Mesin Genset		
Kebutuhan listrik total	15071	Kw
Genset yang diperluan	3x6740	Kw
Total	20220	Kw

Dimensi Filter House :		
> Panjang	16,8	m
> Lebar	3,9	m
> Tinggi	6,25	m
>Berat Filter House	23	ton
Generator		
panjang	1,2	m
lebar	0,9	m
tinggi	3,86	m
berat	0,674	ton
Gardu Listrik		
berat	0,35	ton

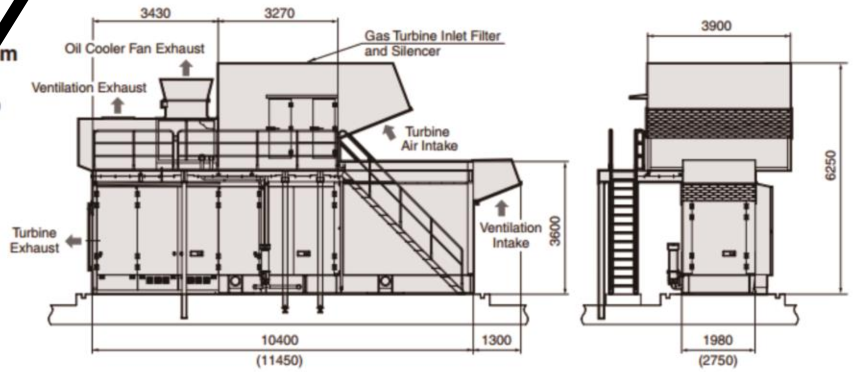
Engine Series	M7A Gas Turbine Series					
Gas Turbine Model	M7A-01	M7A-01D	M7A-02	M7A-02D	M7A-03	M7A-03D
Gas Turbine Generator Model	GPB60	GPB60D	GPB70	GPB70D	GPB80	GPB80D
Maximum Continuos Electric Output kWe	5,530	5,400	6,800	6,740	7,450	7,440
Heat Rate kJ/kWe-hr	12,140	12,300	11,870	11,890	10,870	10,880
Thermal Efficiency %	29.6	29.2	30.3	30.2	33.1	33.1
Exhaust Gas Temperature ℃	545	542	516	513	510	509
Exhaust Gas Mass Flow $x10^3$ kg/hr	78.3	78.3	97.2	97.2	98.3	98.2
NOx (O_2 : 15%) ppm	-	35	-	25	-	15
Approximate Package Dimension (L,W,H) m	10.4 x 2.0 x 3.6		11.5 x 2.8 x 3.6		11.5 x 2.8 x 3.6	
Approximate Package Weight (dry) $x10^3$ kg	51		54		65	65

Note: Mark "D"means Dry Low Emission
Mark "X"means XONON™ Combustor for ultra low NOx application

Condition: ISO Rating

1. Inlet Air Temperature : 15 °C
2. Atmospheric Pressure : 101.3 kPa
3. Inlet / Exhaust Pressure Losses : No Duct Loss
4. Fuel Type : Natural Gas (100% CH4)
5. LHV of Fuel : 35.9MJ/Nm³

GPB60/70/80
Package Layout : mm
(Reference)
( )Dimension : GPB70/GPB80



Spesifikasi Genset yang Digunakan

Berat Komponen Listrik dan Titik Berat

[Referensi : Ship Design for Efficiency and Economy, Schneekluth]

1. Berat Komponen Listrik Utama

1.1 Kawasaki Gas Turbin Generator Set

W_{GS} = 162 [ton] *; untuk tiga genset*

1.2 Filter House

W_{FH} = **69** [ton]

1.3 Generator

W_{GE} = **2,022** [ton]

1.4 Gardu Listrik

$W_{Gardu\ Listrik}$ = **1,05** [ton]

Total Berat Peralatan

$W_{Komponen}$ = $W_{GS} + W_{FH} + W_{GE} + W_{Gardu\ Listrik}$

= **514,96** [ton] 4042,4 m3

2. Titik berat komponen listrik

2.1 Titik berat Genset

KG_{GS} = 5,6 m

LCG_{GS} = 11,8 m

KG = H + (0.5*Hgenset)
LCG = L + (0.5*Lgenset) *dari midhsip*

2.2 Filter House

KG_{FH} = 6,925 m

LCG_{FH} = 10,85 m

2.3 Generator

K_{GE} = 5,9642 m

K_{GE} = -1,3947 m

$$KG_{Komponen} = \frac{KG_{GS}.W_{GS} + KG_{FH}.W_{FH} + KG_{VAPO}.W_{VAPO}}{W_{GS} + W_{FH} + W_{VAPO}}$$

= 6,0 m

$LCG_{Komponen}$ = 36,25 m dari AP

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) = 53,00 m

Lebar Kapal (B) = 24,20 m

Tinggi Kapal (H) = 3,90 m

Volume Deck House (V_{DH})

1. Volume Layer 1 (V_{DH1})

Panjang Layer 1 (ℓ_{DH1}) = 15 % · L

= 12,000 m

Lebar Layer 1 (b_{DH1}) = B - 2 *; 2m = gangway*

= 20,3 m

Tinggi Layer 1 (V_{DH1}) = 2,5 m *; asumsi*

Volume Layer 1 (V_{DH1}) = $\ell_{DH1} \cdot b_{DH1} \cdot t_{DH1}$

= 459 m^3

2. Volume Layer 2 (V_{DH2})

Panjang Layer 2 (ℓ_{DH2}) = 10% · L

= 12,000 m

Lebar Layer 2 (b_{DH2}) = B - 2 *; 2m = gangway*

= 20,3 m

Tinggi Layer 2 (t_{DH2}) = 2,5 m *; asumsi*

Volume Layer 2 (V_{DH2}) = $\ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2}$

= 460 m^3

3. Volume Layer 3 (V_{DH3})

Panjang Layer 3 (ℓ_{DH3}) = 7.5 % · L

= 12 m

Lebar Layer 3 (b_{DH3}) = B - 4 *; 4m = gangway*

= 20,3 m

Tinggi Layer 3 (t_{DH3}) = 2,5 m *; asumsi*

Volume Layer 3 (V_{DH3}) = $\ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3}$

= 460 m^3

Volume Deck House

$V_{DH} = V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3}$

= **1379** m^3

Berat Baja (W_{ST})

DA = Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi Deck House

$= H + \frac{V_{DH}}{L_{PP} \cdot B}$

= 4,97 m

C_{SO} = 0,0752 t/m^3

D = Berat Kapal

= 2484,74 ton

U $= \log \frac{\Delta}{100}$

= 1,3953

C_S $= C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})}$

= 0,1026

Total Berat Baja

W_{ST} = $L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S$

= **654,94 ton**

Perhitungan *Consumable* dan Kru

Input Data

L	=	53,00 m
B	=	24,20 m
H	=	3,90 m
T	=	2,10 m

Jumlah & Berat Crew

Crew = 22 orang

$C_{C\&E}$ = 0,08 ton/orang *; asumsi berat rata-rata manusia*

$W_{C\&E}$ = Berat Kru Total

= $Z_c \cdot C_{c\&e}$

= 1,76 ton

Gas Fuel

Heat Rate	=	11.890	KJ/kW-hr	
	=	11269,544	BTU/kW-h	*; (British Thermal Unit)*
Volume	=	75956726,468	BTU	*; untuk 1 Turbin*
	=	227870179,403	BTU	*; Untuk 3 Turbin*
	=	6455,246	m^3	*; per Jam*
	=	154925,901	m^3	*; per Hari*
	=	258,209835	m^3	*; per Hari (Liquified)*
		1291	m3	*5 hari*
Berat	=	118,78	ton	*; per Hari (Liquified)*
	=	593,88	ton	*; sesuai kapasitas tangki kapasitas 5 hari*
		39196	ton	*;per tahun*

Fresh Water

C_{w1} = 100 kg/orang hari *; Koef. untuk cuci, mandi, dan minum kru*

= 0,004166667 ton/orang jam

C_{w2} = 0,005 ton/HP *; Koef. air tawar untuk pendingin mesin*

W_{FW1} $= 2.\, C_{w1} \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c$ *; Berat air tawar untuk mandi, cuci, minum*

= 19,8 ton

W_{FW2} = $2.C_{w2} \cdot BHP$ *; Berat air tawar untuk pendingin mesin*

= 406,731366 ton

$W_{FW\ total}$ = $(W_{FW1} + W_{FW2})$

= 426,531366 ton

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

= 435,0619933 ton

Lubricating Oil

SFR = 0,0001468552 ton/kW h ; *dari data mesin (diambil yang terbesar)*

MCR = 6740 kW

Margin = 10% ; *(5% ~ 10%)*

$W_{LO'}$ $= SFR \cdot MCR \cdot \frac{S}{V_S} \cdot (1 + Margin)$

= 26,1308353 ton

$W_{LO''}$ = $\frac{W_{LO'} + 4\% \cdot W_{LO'}}{\pi}$; *Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas dan π = 0.9*

= 30,19563191 ton

$V_{LO''}$ = 33,55070212 m^3

Provision & Store

C_{PR} = 5 kg/orang h ; *Koef. Provision & Store*

= 0,000208333 ton/ orang jam

W_{PR} $= 2.\, C_P \cdot \frac{S}{V_S} \cdot Z_c$; *Berat Provision & Store dan asumsi S/V 1 hari*

= 0,22 ton

Total Berat *Consumable and Crew* (W_{cons})

= $W_{LO} + W_{PR} + W_{FW} + W_{LNG} + W_{C\&E}$

= 1061,120 ton

Perencanaan Jumlah Kru

◉ Deck Department

Captain	1
Seaman	3 *; 3 shift*
jumlah	**4**

◉ Engineering Department

Manager	1
Eng. Sistem Mekanikal	6 *; 3 shift*
Eng. Sistem Elektrikal	6 *; 3 shift*
Perenc. Pengend. Operasi da	1
jumlah	**14**

◉ Production Department

Manager	1
Eng. Perenc. Pengen	2
Logistik	1
jumlah	**4**

◉ Jumlah Total Kru **22**

Perencanaan Kamar Kru dan Akomodasi

Input Data

L_{PP}	=	53,0 m	
L_{WL}	=	53,001 m	
B	=	24,2 m	
H	=	3,9 m	
T	=	2,1 m	
W_{FW}	=	435,1 ton	
W_{LO}	=	30,2 ton	
W_{LNG}	=	593,9 ton	
$W_{C\&E}$	=	1,8 ton	
h_{DB}	=	1,2 m	
L_{CB}	=	5 · Jarak gading	*; jarak gading = 0.6m*
	=	4,8 m	
L_{CH}	=	5 · Jarak gading	*; jarak gading = 0.6m*
	=	4,8 m	
L_{CF}	=	2· Jarak gading	*; jarak gading = 0.6m*
		2,4 m	

Dimensi Ruang Akomodasi

L_{RM}	=	L_{WL} - (L_{CB} + L_{CH} + L_{CF})	*; Panjang ruang muat*
	=	41,00 m	
Layer I			
◇ h_I	=	2,5 m	*; asumsi*
◇ Ld_I	=	15% · L_{PP}	
	=	8,0 m	
Layer II			
◇ h_{II}	=	2,5 m	*; asumsi*
◇ Ld_{II}	=	10% · L_{PP}	
	=	5,3 m	
Layer III			
◇ h_{III}	=	2,5 m	*; asumsi*
◇ Ld_{III}	=	7.5% · L_{PP}	
	=	4,0 m	

Titik Berat Air Tawar

Dimensi Tangki

⟐ t_{FW} = tinggi main deck

= 3,900 m

⟐ ℓ_{FW} = 1/2 lebar kapal

= 12,1 m

⟐ V_{FW} = $\frac{W_{FW}}{1} + 2\% \cdot \frac{W_{FW}}{1}$

= 443,7632 m^3

⟐ p_{FW} = $\frac{V_{FW}}{t_{FW} \cdot \ell_{FW}}$

= 9,403756 m

Titik Berat Tangki

⟐ KG_{FW} = $Tm + 0.5 \cdot t_{FW}$

= 6,74 m

⟐ LCG_{FW} = $L_{CB} + 0.5 \cdot t_{FW}$

= 6,75 m

Titik Berat Lubricating Oil

Dimensi Tangki

⟐ t_{LO} = Tinggi Main Deck

= 3,900 m

⟐ ℓ_{LO} = $35\% \cdot B$

= 8,5 m

⟐ V_{LO} = $\frac{W_{LO}}{0.9} + 2\% \cdot \frac{W_{LO}}{0.9}$

= 34,22172 m^3

⟐ p_{LO} = $\frac{V_{LO}}{t_{LO} \cdot \ell_{LO}}$

= 1,035986 m

Titik Berat Tangki

⟐ KG_{LO} = $0.5 \cdot t_{LO}$

= 6,74 m

⟐ LCG_{LO} = $L_{CB} + 0.5 \cdot p_{LO}$

= 5,317993 m

Titik Berat LNG

Dimensi Tangki

⟐ ℓ_{LNG} = $35\% \cdot B$

= 21,78 m

⟐ V_{LNG} = $\frac{W_{LNG}}{0.46} + 2\% \cdot \frac{W_{LNG}}{0.46}$

= 1316,87 m^3

⟐ p_{LNG} = 8 m

⟐ t_{LNG} = $\frac{V_{LNG}}{\ell_{LNG} \cdot p_{LNG}}$

= 7,558 m

Titik Berat Tangki

⟐ KG_{LNG} = $h_{DB} + 0.5 \cdot t_{LNG}$

= 8,568897 m

⟐ LCG_{LNG} = $L_{WL} + 0.5 \cdot p_{LNG}$

= 54,6005 m

Berat Kru Per Layer

$W_{C\&E\ /layer}$ = Jumlah kru per layer · berat rat

$W_{C\&E\ I}$ = 0,32 ton

$W_{C\&E\ II}$ = 1,12 ton

$W_{C\&E\ III}$ = 0,32 ton

$W_{C\&E\ total}$ = 1,76 ton

Titik Berat Kru dan *Luggage*

KG

◇ KG_I = $H + 0.5\ h_I$

= 5,15 m

◇ KG_{II} = $H + h_I + 0.5 \cdot h_{II}$

= 7,65 m

◇ KG_{III} = $H + h_I + h_{II} + 0.5 \cdot h_{III}$

= 10,15 m

LCG

◇ LCG_I = $0.5 \cdot L_I + L_{RM} + L_{CH} + L_{CF}$

= 52,17554 m

◇ LCG_{II} = $0.5 \cdot L_{II} + L_{RM} + L_{CH} + L_{CF}$

= 50,85053 m

◇ LCG_{III} = $0.5 \cdot L_{III} + L_{RM} + L_{CH} + L_{CF}$

= 50,18802 m

Titik Berat

$$KG_{C\&E} = \frac{W_{C\&E\ I} \cdot KG_I + W_{C\&E\ II} \cdot KG_{II} + W_{C\&E\ III} \cdot KG_{III}}{W_{C\&E\ I} + W_{C\&E\ II} + W_{C\&E\ III}}$$

= **7,65 m**

$$LCG_{C\&E} = \frac{W_{C\&E\ I} \cdot LCG_{poop} + W_{C\&E\ II} \cdot LCG_{II} + W_{C\&E\ III} \cdot LCG_{III}}{W_{C\&E\ I} + W_{C\&E\ II} + W_{C\&E\ III}}$$

= **50,97098 m**

Titik Berat *Consumable*

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

= **7,76531 m**

$$LCG = \frac{W_{C\&E} \cdot LCG_{C\&E} + W_{FW} \cdot LCG_{FW} + W_{LO} \cdot LCG_{LO} + W_{LNG} \cdot LCG_{LNG}}{W_{C\&E} + W_{FW} + W_{LO} + W_{LNG}}$$

= **33,56889 m**

Perhitungan Berat Peralatan dan Perlengkapan

Ship Design Efficiency and Economy, 1998

Input Data

L_{PP} = 53,0 m

B = 24,2 m

H = 3,9 m

C_{ALV} = 170 kg/m^2 *; Ship Design for Efficiency and Economy hal. 172*

untuk Cargo Ship kecil dan sedang : 160 – 170 kg/m^2

diambil nilai tengah untuk Cargo Ship ukuran sedang

GRUP III

1. Layer I

ℓ_I = 12,0 m

b_I = 20,3 m

$A_I = \ell_{PO} \cdot b_{PO}$

= 243,12 m^2

$$W_I = \frac{A_{PO} \cdot C_{ALV}}{1000}$$

= 41,330 ton

2. Layer II

ℓ_{DH2} = 12,00 m

b_{DH2} = 20,30 m

$A_{DH2} = \ell_{DH2} \cdot b_{DH2}$

= 243,600 m^2

$$W_{DH2} = \frac{A_{DH2} \cdot C_{ALV}}{1000}$$

= 41,41 ton

3. Layer III

ℓ_{DH3} = 12,0 m

b_{DH3} = 20,3 m

$A_{DH3} = \ell_{DH3} \cdot b_{DH3}$

= 243,600 m^2

$$W_{DH3} = \frac{A_{DH3} \cdot C_{ALV}}{1000}$$

= 41,412 ton

W Total = $\mathbf{W_{DHI} + W_{DH2} + W_{DH3}}$

= 124,154 ton

Grup IV

C = 0,23 ton/m^2

; 0.18 ton/m^2 < C < 0.26 ton/m^2 untuk ukuran sedang, Ship Design Efficiency and Economy hal 172

$$W_{IV} = \sqrt[3]{(L_{PP} \cdot B \cdot H)^2} \cdot C$$ *; untuk ukuran sedang*

= 67,272 ton

Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$\mathbf{W_{E\&O}} = \mathbf{W_{Total} + W_{IV}}$

= **191,426 ton**

Perhitungan Titik Berat Peralatan dan Perlengkapan

$KG_{E\&O}$

D_A = 4,975 m

Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan Superstucture dan Deck House

$KG_{E\&O}$ = $(1.02 \sim 1.08) \cdot D_A$ *; Ship Design for Efficiency and Economy hal. 173*

= 5,373 m

LCG_1

1. Layer I

ℓ_{DH1} = 12,0 m

W_{DH1} = 41,330 ton

LCG_{DH1} = $- 0.5 \cdot L_{PP} + L_{KM} + L_{CB} - 0.5 \cdot \ell_{DH1}$

= -27,7 m di belakang M

2. Layer II

ℓ_{DH2} = 12,00 m

W_{DH2} = 41,412 ton

LCG_{DH2} = $- 0.5 \cdot L_{PP} + L_{CB} - 0.5 \cdot \ell_{DH2}$

= -27,7 m di belakang M

3. Layer III

ℓ_{DH3} = 12,0 m

W_{DH3} = 41,412 ton

LCG_{DH3} = $- 0.5 \cdot L_{PP} + L_{CB} - 0.5 \cdot \ell_{DH3}$

= -27,7 m di belakang M

LCG_2

$W_{E\&O\ DH}$ = $37.5\% \cdot W_{E\&O}$

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

= 71,7849 ton

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

= -27,7

LCG_3

$W_{E\&O\ Other}$ = $37.5\% \cdot W_{E\&O}$

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

= 71,7849

LCG_{Other} = 0 m di belakang M

LCG

$$LCG_{E\&O} = \frac{37.5\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{DH} + 37.5\% \cdot W_{E\&O} \cdot LCG_{Other}}{W_{E\&O}}$$

= **-3,90** m di belakang **M**

= **22,60** m dari AP

= **30,40** m dari FP

Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

Berat Baja

W_{ST} = 654,944 ton

KG_{ST} = 2,587 m

LCG_{ST} = 21,200 m *; dari AP*

Berat Peralatan dan Perlengkapan

$W_{E\&O}$ = 191,426

$KG_{E\&O}$ = 5,373 m

$LCG_{E\&O}$ = 22,605 m *; dari AP*

Berat Komponen Listrik 29,8388

$W_{Komponen}$ = 514,958 ton

$KG_{Komponen}$ = 5,996 m

LCG_{Kompon} = 36,250 m *; dari AP*

Berat *Consumable*

W_{cons} = 1061,120 ton

KG_{cons} = 7,765 m

LCG_{cons} = 33,569 m *; dari AP*

Berat LWT

LWT = $W_{ST} + W_{E\&O} + W_{Komponen}$

= 1361,329 ton

Berat Total

W = $LWT + W_{cons}$

= 2422,449 ton

KG Total

$$KG = \frac{W_{ST} \cdot KG_{ST} + W_{E\&O} \cdot KG_{E\&O} + W_{Komponen} \cdot KG_{Komponen} + W_{cons} \cdot KG_{cons}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_{Komponen} + W_{cons}}$$

= 5,8 m

LCG Total dari FP

$$LCG = \frac{W_{ST} \cdot LCG_{ST} + W_{E\&O} \cdot LCG_{E\&O} + W_{Komponen} \cdot LCG_{Komeonen} + W_{cons} \cdot LCG_{cons}}{W_{ST} + W_{E\&O} + W_{Komponen} + W_{cons}}$$

= 29,839 m

Koreksi

Total LWT	1361,329	ton	1361,329
Total DWT	1061,120	ton	1061,12
DWT + LWT	2422,449	ton	2422,449
Displasemen	2484,740	ton	2484,740
Margin (2-10)%	3%	Diterima	0,025069

Perhitungan Trim

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

Input Data

L_{PP}	=	53,0	m
B	=	24,2	m
T	=	2,1	m
C_M	=	0,98	
C_B	=	0,90	
C_{WP}	=	0,93	
∇	=	2424,14	m^3
KG	=	5,79996	m
$LCG_{LWT\ FP}$	=	23,16119	m
$LCB_{dari\ FP}$	=	26,50	m

Sifat Hidrostatik

1. KB

$KB/T = 0.9 - 0.3 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B$

Parametric Ship Design hal. 11 - 18

= 0,518

KB = 1,08675 m

2. BM_T

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

Transverse Inertia Coefficient

Parametric Ship Design hal. 11 - 19

= 0,07219

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

= 54222,8 m^4

$BM_T = I_T / \nabla$ *; jarak B dan M secara melintang*

= 22,3679 m

3. BM_L

$C_{IL} = 0.350 \cdot C_{WP}^2 - 0.405 \cdot C_{WP} + 0.146$

Longitudinal Inertia Coefficient

= 0,07226

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

= 260363 m^4

$BM_L = I_L / \nabla$ *; jarak B dan M secara melintang*

= 107,405 m

4. GM_L = $KB + BM_L - KG$

= 102,691

5. Trim = $\dfrac{(LCG - LCB) \cdot L_{PP}}{GM_L}$ *; Parametric Ship Design hal 11 - 27*

= -1,7235 m

Kondisi Trim

Trim Haluan

6. Batasan Trim

Δ (LCG - LCB)

= -3,339

$0.1\% \cdot L_{PP}$

= 0,053 m

Kondisi Batasan Trim

Diterima

Perhitungan Lambung Timbul

International Convention on Load Lines, 1966 and Protocol of 1988

Input Data

H	=	3,9 m	
d	=	$0.85 \cdot H$	
	=	3,315 m	
$L_{1\,(1)}$	=	$96\% \cdot LWL_{0.85D}$	
	=	-	
$L_{1\,(2)}$	=	L_{PP}	
	=	53,00 m	
L_1	=	53,0005 m	*; L_1 diambil yang terbesar*
B	=	24,2 m	
C_B	=	0,9000	
ℓ_{FC}	=	0 m	*; panjang forecastle*
ℓ_{PO}	=	0 m	*; panjang poop*

Tipe Kapal

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Regulation 27 Type of Ship

Tipe = B

Lambung Timbul Standar (F_b)

International Convention on Load Line 1996

as modified 1998 and 2003 - Table 28.2

L_1 (m)		F_b (mm)
53	⇨	478
54	⇨	490

maka,

53	⇨	478 mm
	⇨	0,478 m

Koreksi

1. L *; 24 < L_{PP} < 100*

1. L *; 24 < L_{PP} < 100*

F_{b1} = $7{,}5(100 - L)\left(0{,}35 - \frac{E_1}{L}\right)$

Fb1 = $7{,}5(100 - L)\left(0{,}35 - \frac{E_1}{L}\right)$

= 123,374 mm

2. C_B *; C_B > 0.68*

F_{b2} = $F_b \cdot \dfrac{C_B + 0.68}{1.36}$

= 698,648 mm

3. Depth (D)

L/15 = 3,53337

R = 110,418

untuk L < 120m ; R = L/0.48

untuk L > 120m ; R = 250

jika, D < L/15 ; tidak ada koreksi

jika, D > L/15 ; $Fb_3 = Fb_2 + (R(H-(L/15)))$

F_{b3} = 698,648 mm

Total Panjang Efektif

E	=	$E_{FC} + E_{PO}$
	=	0 m
	=	0 · L

3. Pengurangan Akibat Bangunan Ata

L_1 (m)	⇨	h_{st} (m)	
122	⇨	1070	*; regulation 37*
53,0005	⇨	1070	

Pengurangan

=	0%	*; regulation 37 table 37.1*
=	0 mm	

Total Lambung Timbul

F_b'	=	F_{b3} - Pengurangan
	=	698,6477511 mm
	=	0,699 m

Perhitungan Stabilitas

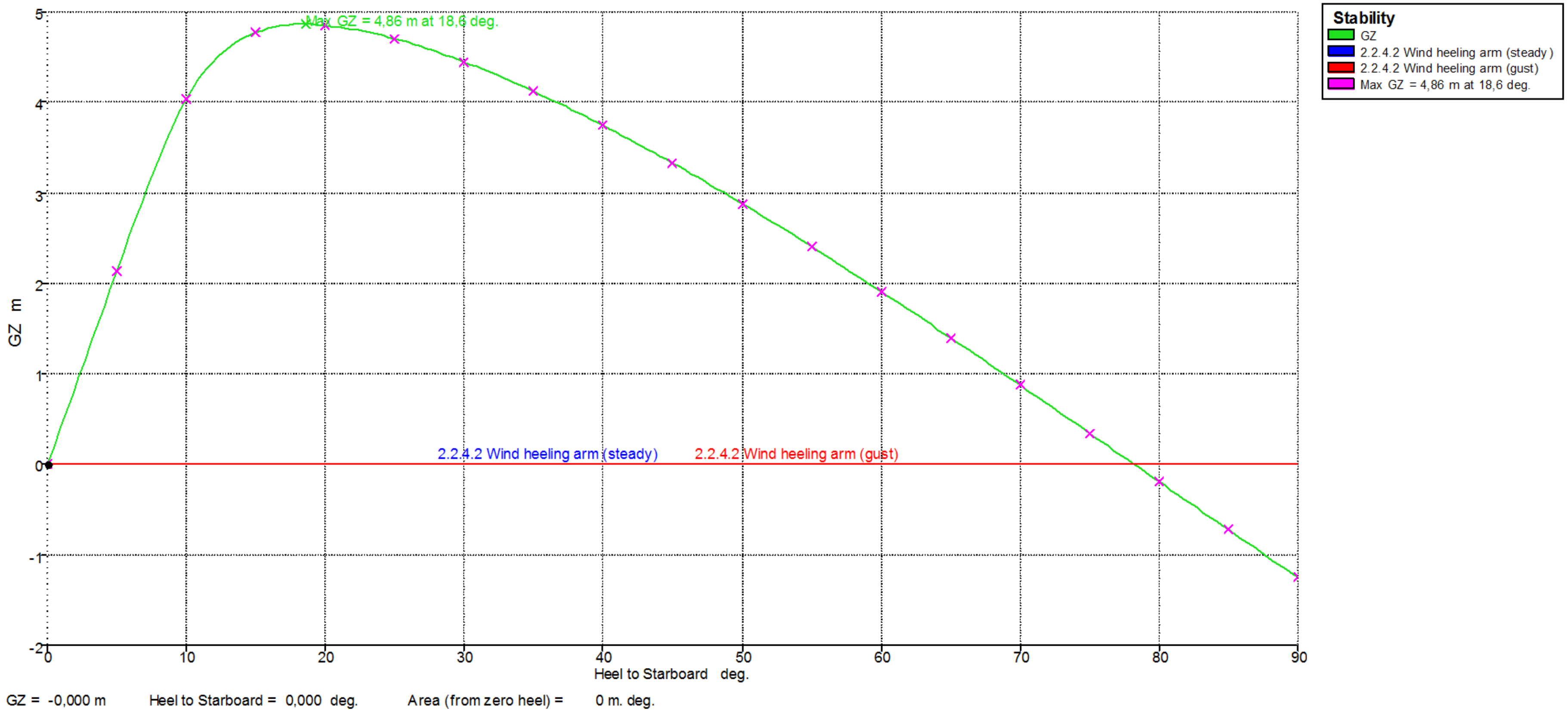
I. Loadcase 1 (Full Load Bunker 98%)

a. Intact Sstability Calculation Result

Loadcase 1 (Full Load Bunker 98%)

Item Name	Quantity	Unit Mass Tonne	Total Mass Tone	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM Tonne. m	FSM Type
Lightship	1	1361	1361,3			26,931	0	4,268	0	User Specified
Fresh Water	98%	229,1	224,49	229,07	224,487	5,101	0	2,523	0	Maximum
Tank LNG 1	98%	182,9	179,2	365,72	358,402	36,313	6,047	1,777	0	Maximum
Tank LNG 2	98%	200,3	196,27	400,55	392,535	23,116	6,047	1,777	0	Maximum
Tank LNG 3	98%	182,9	179,2	365,72	358,402	36,313	-6,047	1,777	0	Maximum
Tank LNG 4	98%	200,3	196,27	400,55	392,535	23,116	-6,047	1,777	0	Maximum
LO	98%	21,46	21,033	23,328	22,861	45,901	0	1,188	0	Maximum
Total Loadcase			2357,8	1784,9	1749,221	25,813	0	3,281	0	
FS correction								0		
VCG fluid								3,281		

b. Hasil Kurva Stabilitas pada Loadcase 1. (Full Load Bunker 98%)



c. Hasil Perhitungan Stabilitas pada Loadcase 1

Loadcase 1 (Full Load Bunker 98%)

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
GZ m	0	2,133	4,03	4,771	4,848	4,701	4,445	4,119	3,743	3,328
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	5,3227	21,0536	43,503	67,6983	91,6268	114,5265	135,96	155,6345	173,3267
Displacement t	2358	2358	2358	2358	2358	2358	2358	2358	2358	2358
Draft at FP m	1,859	1,842	1,769	1,643	1,505	1,352	1,178	0,976	0,739	0,454
Draft at AP m	2,148	2,147	2,128	2,19	2,265	2,351	2,451	2,572	2,717	2,896
WL Length m	52,802	53,001	53,001	53,003	53,005	53,008	53,011	53,016	53,022	53,028
Beam max extents on WL m	24,2	24,292	22,459	15,068	11,403	9,228	7,8	6,799	6,067	5,515
Wetted Area m^2	1410,275	1401,388	1396,19	1427,146	1432,182	1435,268	1437,373	1438,915	1440,107	1441,066
Waterpl. Area m^2	1273,565	1258,117	1118,572	766,136	579,782	469,229	396,626	345,76	308,538	280,474
Prismatic coeff. (Cp)	0,869	0,867	0,873	0,879	0,881	0,882	0,882	0,881	0,879	0,877
Block coeff. (Cb)	0,848	0,593	0,501	0,607	0,68	0,721	0,745	0,764	0,778	0,79
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25,798	25,795	25,791	25,778	25,762	25,743	25,72	25,695	25,667	25,637
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,374	26,349	26,68	26,5	26,5	26,5	26,499	26,499	26,498	26,497
Max deck inclination deg	0,3124	5,0108	10,0072	15,0106	20,0143	25,0179	30,0215	35,0249	40,0279	45,0304
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3124	0,3304	0,3884	0,5914	0,8212	1,0798	1,3767	1,724	2,1373	2,6374

Loadcase 1 (Full Load Bunker 98%)

Heel to Starboard deg	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	2,88	2,406	1,91	1,398	0,875	0,343	-0,191	-0,724	-1,252
Area under GZ curve from zero heel m.deg	188,8577	202,0814	212,8789	221,1563	226,8426	229,8893	230,2703	227,98	223,0368
Displacement t	2358	2358	2358	2358	2358	2358	2358	2358	2358
Draft at FP m	0,105	-0,334	-0,904	-1,678	-2,8	-4,611	-8,128	-18,456	n/a
Draft at AP m	3,118	3,401	3,77	4,271	4,995	6,155	8,392	14,916	n/a
WL Length m	53,035	53,043	53,051	53,06	53,067	53,073	53,078	53,08	53,08
Beam max extents on WL m	5,091	4,761	4,503	4,303	4,15	4,038	3,96	3,915	3,9
Wetted Area m^2	1441,865	1442,55	1443,154	1443,7	1444,205	1444,685	1445,149	1445,608	1446,068
Waterpl. Area m^2	258,887	242,086	228,956	218,741	210,923	205,14	201,148	198,792	197,983
Prismatic coeff. (Cp)	0,875	0,873	0,871	0,869	0,868	0,867	0,866	0,866	0,867
Block coeff. (Cb)	0,8	0,808	0,816	0,822	0,829	0,835	0,842	0,845	0,842
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25,606	25,576	25,546	25,52	25,497	25,48	25,47	25,468	25,472
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,496	26,494	26,493	26,491	26,489	26,487	26,485	26,483	26,482
Max deck inclination deg	50,0321	55,0327	60,0321	65,03	70,0263	75,0212	80,0148	85,0075	90
Trim angle (+ve by stern) deg	3,2539	4,0311	5,0398	6,4041	8,3675	11,4825	17,312	32,1975	90

d. Intact Stability Assesment on Loadcase 1. Lightweight (LWT) 0% Bunker

IMO MSC.267(85) Code on Intact Stability

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	4,5837	m.deg	61,0781	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50	%	0	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20	deg	78,2	Pass
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length	15	deg	78,2	Pass

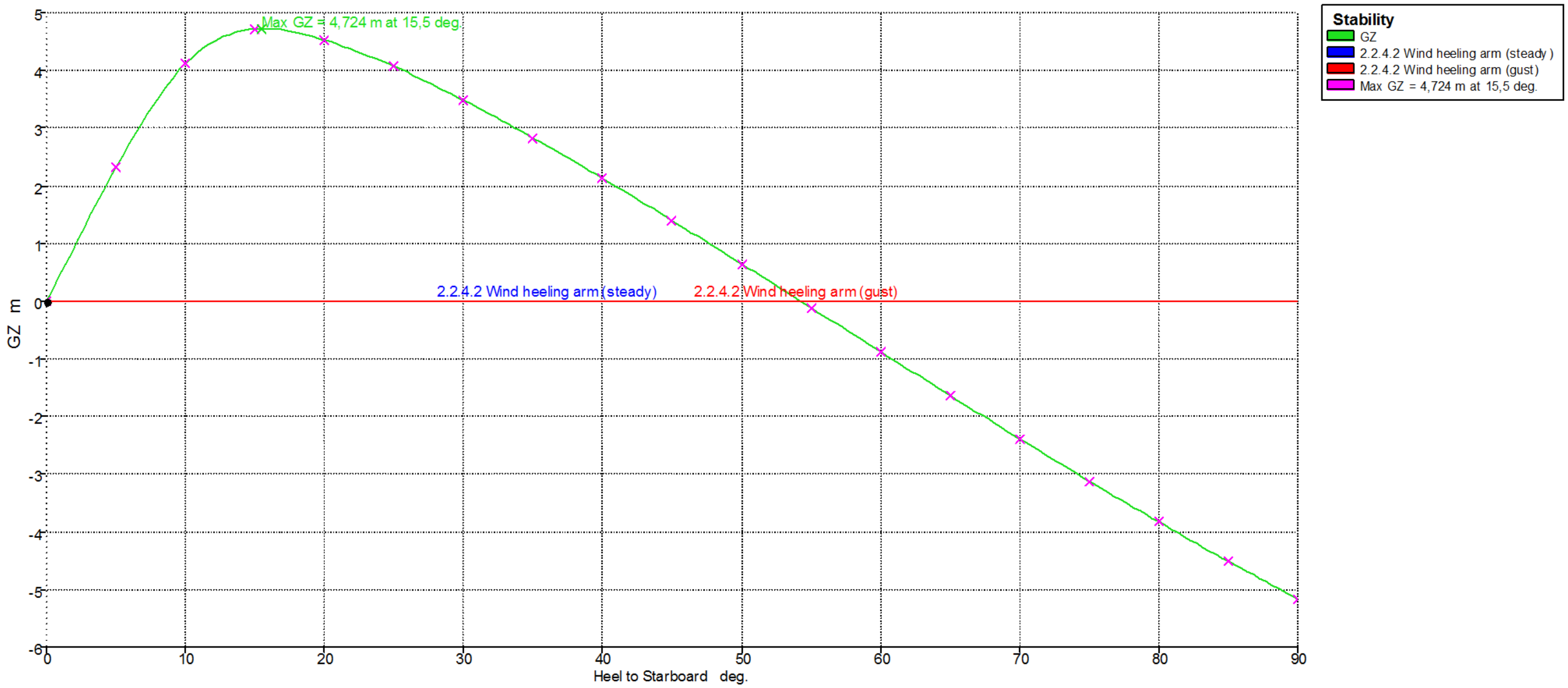
II. Loadcase 2 (Half Load Bunker 50%)

a. Intact Sstability Calculation Result

Loadcase 2 (Half Load Bunker 50%)

Item Name	Quantity	Unit Mass Tonne	Total Mass Tone	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM Tonne. m	FSM Type
Lightship	1	1361	1361,3			26,931	0	4,268	0	User Specified
Fresh Water	50%	229,1	114,53	229,07	114,534	5,103	0	1,875	2884,851	Actual
Tank LNG 1	50%	182,9	91,429	365,72	182,858	36,326	6,044	1,201	930,072	Actual
Tank LNG 2	50%	200,3	100,14	400,55	200,273	23,131	6,044	1,201	1018,65	Actual
Tank LNG 3	50%	182,9	91,429	365,72	182,858	36,326	-6,044	1,201	930,072	Actual
Tank LNG 4	50%	200,3	100,14	400,55	200,273	23,131	-6,044	1,201	1018,65	Actual
LO	50%	21,46	10,731	23,328	11,664	45,901	0	0,9	173,841	Actual
Total Loadcase			1869,7	1784,9	892,46	26,215	0	3,474	6956,137	
FS correction								3,72		
VCG fluid								7,194		

b. Hasil Kurva Stabilitas pada Loadcase 2. (Half Load Bunker 50%)



GZ = 0,000 m   Heel to Starboard = 0,000 deg.   Area (from zero heel) = 0 m. deg.

c. Hasil Perhitungan Stabilitas pada Loadcase 2

Loadcase 2 (Half Load Bunker 50%)

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
GZ m	0	2,311	4,122	4,719	4,528	4,068	3,484	2,829	2,129	1,398
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	5,8542	22,3306	44,904	68,2134	89,7676	108,6876	124,4936	136,9032	145,7286
Displacement t	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
Draft at FP m	1,572	1,555	1,449	1,177	0,876	0,553	0,199	-0,196	-0,647	-1,172
Draft at AP m	1,68	1,667	1,581	1,369	1,146	0,91	0,657	0,381	0,073	-0,281
WL Length m	51,569	53	53	53	53,001	53,001	53,001	53,002	53,003	53,004
Beam max extents on WL m	24,2	24,064	21,325	15,068	11,403	9,228	7,8	6,799	6,067	5,515
Wetted Area m^2	1341,105	1326,058	1213,488	1165,847	1170,79	1173,837	1175,926	1177,465	1178,661	1179,63
Waterpl. Area m^2	1242,388	1220,77	1065,103	766,105	579,742	469,181	396,571	345,702	308,48	280,42
Prismatic coeff. (Cp)	0,903	0,886	0,9	0,909	0,913	0,915	0,916	0,917	0,916	0,916
Block coeff. (Cb)	0,875	0,561	0,484	0,574	0,658	0,708	0,739	0,763	0,783	0,8
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26,196	26,195	26,192	26,18	26,17	26,159	26,146	26,133	26,118	26,103
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,384	26,399	26,334	26,5	26,5	26,499	26,499	26,497	26,496	26,493
Max deck inclination deg	0,1164	5,0014	10,001	15,0013	20,0018	25,0023	30,0028	35,0033	40,0037	45,004
Trim angle (+ve by stern) deg	0,1164	0,1205	0,1419	0,2079	0,2916	0,3862	0,4956	0,6238	0,7775	0,9624

Loadcase 2 (Half Load Bunker 50%)

Heel to Starboard deg	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	0,647	-0,114	-0,878	-1,638	-2,388	-3,121	-3,831	-4,512	-5,159
Area under GZ curve from zero heel m.deg	150,8467	152,1827	149,7025	143,4086	133,3375	119,5578	102,1694	81,2985	57,1112
Displacement t	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870	1870
Draft at FP m	-1,8	-2,574	-3,569	-4,914	-6,87	-10,05	-16,26	-34,744	n/a
Draft at AP m	-0,701	-1,218	-1,884	-2,792	-4,13	-6,329	-10,714	-23,693	n/a
WL Length m	53,005	53,006	53,007	53,008	53,008	53,009	53,009	53,009	53,009
Beam max extents on WL m	5,091	4,761	4,503	4,303	4,15	4,038	3,96	3,915	3,9
Wetted Area m^2	1180,442	1181,144	1181,767	1182,332	1182,857	1183,353	1183,833	1184,296	1184,749
Waterpl. Area m^2	258,845	242,061	228,956	218,774	210,996	205,26	201,319	199,012	198,249
Prismatic coeff. (Cp)	0,916	0,915	0,915	0,915	0,915	0,916	0,917	0,918	0,918
Block coeff. (Cb)	0,814	0,827	0,839	0,85	0,86	0,871	0,882	0,893	0,896
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26,089	26,077	26,066	26,059	26,055	26,056	26,064	26,069	26,071
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,49	26,486	26,481	26,475	26,47	26,464	26,459	26,455	26,45
Max deck inclination deg	50,0043	55,0043	60,0042	65,0038	70,0033	75,0025	80,0017	85,0008	90
Trim angle (+ve by stern) deg	1,1874	1,4662	1,821	2,2919	2,9599	4,0163	5,9743	11,7777	-1,#IND

d. Intact Stability Assesment on Loadcase 1. Lightweight (LWT) 0% Bunker
IMO MSC.267(85) Code on Intact Stability

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin%
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	4,5837	m.deg	47,05	Pass	926,46
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50	%	0	Pass	100
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20	deg	54,3	Pass	171,27
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length	15	deg	54,3	Pass	261,69

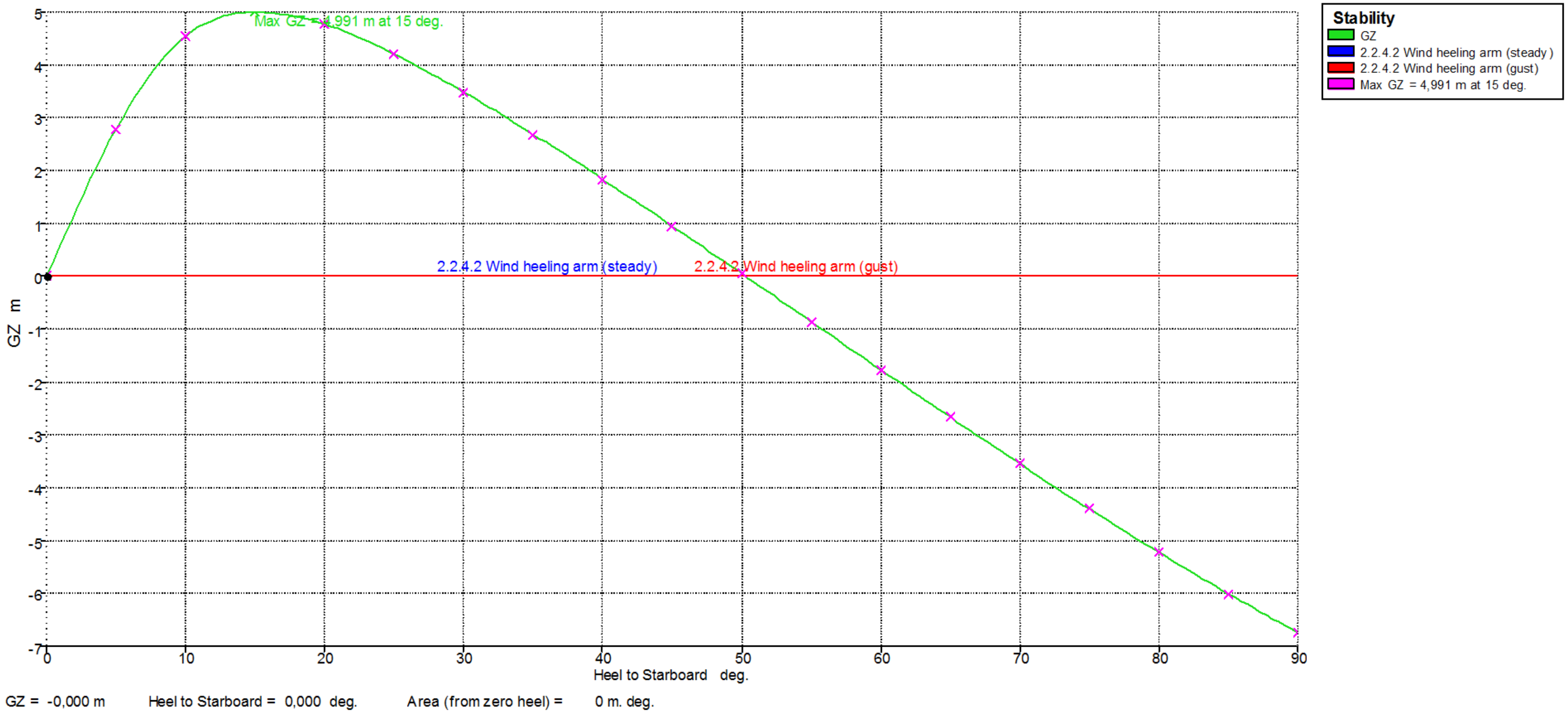
III. Loadcase 3 (MT Load Bunker 10%)

a. Intact Sstability Calculation Result

Loadcase 3 (MT Load Bunker 10%)

Item Name	Quantity	Unit Mass Tonne	Total Mass Tone	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM Tonne. m	FSM Type
Lightship	1	1361	1361,3			26,931	0	4,268	0	User Specified
Fresh Water	10%	229,1	22,907	229,07	22,907	5,113	0	1,335	2884,851	Actual
Tank LNG 1	10%	182,9	18,286	365,72	36,572	36,431	6,019	0,721	930,072	Actual
Tank LNG 2	10%	200,3	20,027	400,55	40,055	23,257	6,019	0,721	1018,65	Actual
Tank LNG 3	10%	182,9	18,286	365,72	36,572	36,431	-6,019	0,721	930,072	Actual
Tank LNG 4	10%	200,3	20,027	400,55	40,055	23,257	-6,019	0,721	1018,65	Actual
LO	10%	21,46	2,146	23,328	2,333	45,905	0	0,66	173,841	Actual
Total Loadcase			1463	1784,9	178,492	26,754	0	4,031	6956,137	
FS correction								4,755		
VCG fluid								8,786		

b. Hasil Kurva Stabilitas pada Loadcase 3. (MT Load Bunker 10%)



c. Hasil Perhitungan Stabilitas pada Loadcase 3

Loadcase 3 (MT Load Bunker 10%)

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0
GZ m	0	2,779	4,54	4,991	4,762	4,197	3,481	2,682	1,831
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	7,1837	26,0346	50,2931	74,8594	97,353	116,5921	132,027	143,3261
Displacement t	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463
Draft at FP m	1,341	1,317	1,164	0,8	0,371	-0,085	-0,577	-1,12	-1,732
Draft at AP m	1,263	1,237	1,064	0,674	0,195	-0,319	-0,877	-1,498	-2,201
WL Length m	50,136	53	53	53	53	53	53,001	53,001	53,001
Beam max extents on WL m	24,2	23,348	18,94	15,068	11,403	9,228	8,066	7,347	6,727
Wetted Area m^2	1275,129	1248,115	1066,894	948,519	953,329	956,313	958,372	959,898	961,091
Waterpl. Area m^2	1207,696	1163,912	942,643	766,102	579,739	469,177	396,566	345,697	308,475
Prismatic coeff. (Cp)	0,917	0,878	0,896	0,908	0,914	0,917	0,919	0,92	0,92
Block coeff. (Cb)	0,881	0,523	0,485	0,521	0,611	0,667	0,679	0,677	0,681
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26,759	26,759	26,763	26,766	26,775	26,785	26,796	26,807	26,818
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,582	26,59	26,643	26,5	26,5	26,501	26,502	26,503	26,505
Max deck inclination deg	0,0845	5,0008	10,0006	15,0006	20,0008	25,001	30,0012	35,0014	40,0016
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,0845	-0,0871	-0,1083	-0,1354	-0,1901	-0,2524	-0,3243	-0,4082	-0,507

Loadcase 3 (MT Load Bunker 10%)

Heel to Starboard deg	45,0	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	0,949	0,048	-0,861	-1,769	-2,666	-3,546	-4,4	-5,222	-6,005	-6,743
Area under GZ curve from zero heel m.deg	150,2861	152,7819	150,7486	144,171	133,0782	117,5397	97,6632	73,5937	45,5062	13,6244
Displacement t	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463	1463
Draft at FP m	-2,439	-3,274	-4,313	-5,651	-7,469	-10,129	-14,481	-23,081	-48,595	n/a
Draft at AP m	-3,017	-3,997	-5,195	-6,734	-8,82	-11,868	-16,836	-26,591	-55,589	n/a
WL Length m	53,002	53,002	53,002	53,003	53,003	53,003	53,004	53,004	53,004	53,004
Beam max extents on WL m	6,164	5,638	5,127	4,629	4,303	4,15	4,038	3,96	3,915	3,9
Wetted Area m^2	962,063	962,88	963,585	964,209	964,773	965,292	965,778	966,237	966,685	967,129
Waterpl. Area m^2	280,416	258,841	242,059	228,956	218,777	211,002	205,269	201,332	199,028	198,268
Prismatic coeff. (Cp)	0,921	0,92	0,921	0,921	0,921	0,922	0,923	0,924	0,925	0,926
Block coeff. (Cb)	0,694	0,716	0,752	0,802	0,839	0,852	0,866	0,879	0,893	0,9
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26,829	26,846	26,852	26,856	26,859	26,861	26,859	26,853	26,849	26,847
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,508	26,512	26,516	26,521	26,527	26,533	26,539	26,544	26,55	26,554
Max deck inclination deg	45,0017	50,0018	55,0018	60,0017	65,0016	70,0013	75,001	80,0007	85,0003	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,6249	-0,7815	-0,9535	-1,1707	-1,4609	-1,8798	-2,5443	-3,7891	-7,517	-1,#IND

d. Intact Stability Assesment on Loadcase 1. Lightweight (LWT) 0% Bunker
IMO MSC.267(85) Code on Intact Stability

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin%
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	4,5837	m.deg	50,2931	Pass	997,22
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50	%	0	Pass	100
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20	deg	50,3	Pass	151,31
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length	15	deg	50,3	Pass	235,08

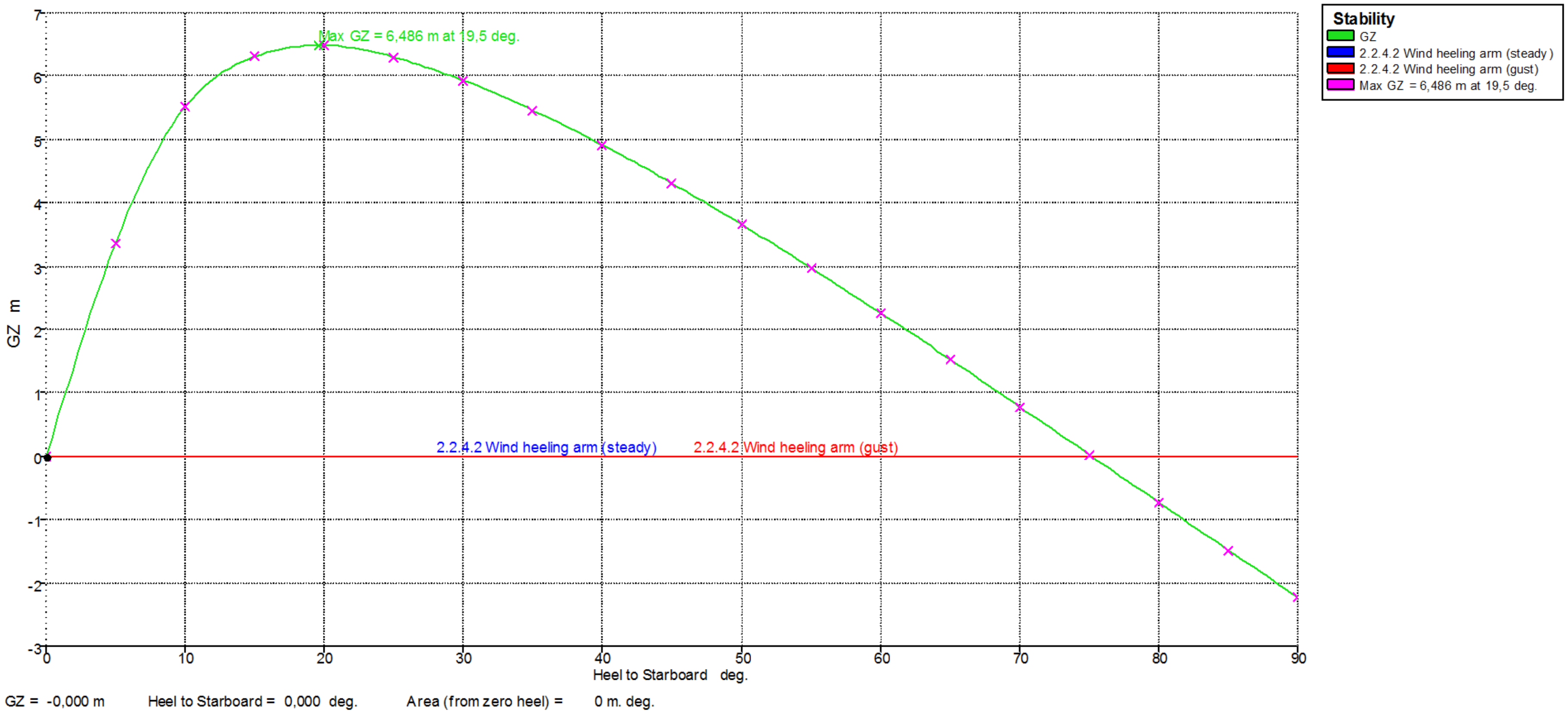
IV. Loadcase 4 (LWT Bunker 0%)

a. Intact Sstability Calculation Result

Loadcase 4 (LWT Bunker 0%)

Item Name	Quantity	Unit Mass Tonne	Total Mass Tone	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM Tonne. m	FSM Type
Lightship	1	1361	1361,3			26,931	0	4,268	0	User Specified
Fresh Water	0%	229,1	0	229,07	0	7,172	0	1,2	0	Maximum
Tank LNG 1	0%	182,9	0	365,72	0	42,562	5,913	0,6	0	Maximum
Tank LNG 2	0%	200,3	0	400,55	0	29,984	5,913	0,6	0	Maximum
Tank LNG 3	0%	182,9	0	365,72	0	42,562	-5,913	0,6	0	Maximum
Tank LNG 4	0%	200,3	0	400,55	0	29,984	-5,913	0,6	0	Maximum
LO	0%	21,46	0	23,328	0	46,778	0	0,6	0	Maximum
Total Loadcase			1361,3	1784,9	0	26,931	0	4,268	0	
FS correction								0		
VCG fluid								4,268		

b. Hasil Kurva Stabilitas pada Loadcase 3. (MT Load Bunker 10%)



c. Hasil Perhitungan Stabilitas pada Loadcase 3

Loadcase 4 (LWT Bunker 0%)

Heel to Starboard deg	0,0	5,0	10,0	15,0	20,0	25,0	30,0	35,0	40,0	45,0
GZ m	0	3,365	5,51	6,306	6,485	6,295	5,929	5,457	4,911	4,307
Area under GZ curve from zero heel m.deg	0	8,7087	31,5149	61,467 4	93,619 3	125,681 5	156,292 6	184,796 3	210,742 7	233,808 7
Displacement t	1361	1361	1361	1361	1361	1361	1361	1361	1361	1361
Draft at FP m	1,283	1,256	1,087	0,702	0,236	-0,256	-0,79	-1,379	-2,041	-2,805
Draft at AP m	1,157	1,125	0,923	0,503	-0,035	-0,614	-1,242	-1,939	-2,731	-3,651
WL Length m	49,772	53	53	53	53,001	53,001	53,001	53,002	53,003	53,003
Beam max extents on WL m	24,2	23,213	18,465	15,068	11,403	9,535	8,613	7,864	7,211	6,612
Wetted Area m^2	1258,49 6	1226,89 4	1027,28 3	902,67 3	899,02 2	901,982	904,021	905,535	906,721	907,688
Waterpl. Area m^2	1198,87 2	1148,14 9	909,333	753,70 7	579,74 2	469,181	396,571	345,701	308,479	280,42
Prismatic coeff. (Cp)	0,904	0,86	0,879	0,89	0,897	0,9	0,902	0,903	0,903	0,903
Block coeff. (Cb)	0,867	0,504	0,476	0,499	0,589	0,624	0,617	0,614	0,618	0,629
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	26,939	26,941	26,945	26,947	26,956	26,971	26,979	26,99	27,004	27,018
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,631	26,654	26,743	26,709	26,501	26,501	26,503	26,505	26,508	26,512
Max deck inclination deg	0,1361	5,002	10,0015	15,001 4	20,001 8	25,0023	30,0027	35,0031	40,0034	45,0037
Trim angle (+ve by stern) deg	-0,1361	-0,1414	-0,1774	- 0,2151	- 0,2934	-0,3875	-0,4884	-0,6061	-0,7467	-0,915

Loadcase 4 (LWT Bunker 0%)

Heel to Starboard deg	50,0	55,0	60,0	65,0	70,0	75,0	80,0	85,0	90,0
GZ m	3,659	2,975	2,263	1,53	0,782	0,027	-0,73	-1,481	-2,222
Area under GZ curve from zero heel m.deg	253,7414	270,3396	283,4441	292,9326	298,7171	300,7425	298,986	293,455	284,1928
Displacement t	1361	1361	1361	1361	1361	1361	1361	1361	1361
Draft at FP m	-3,713	-4,831	-6,261	-8,216	-11,072	-15,738	-24,942	-52,368	n/a
Draft at AP m	-4,75	-6,106	-7,858	-10,219	-13,674	-19,313	-30,406	-63,253	n/a
WL Length m	53,004	53,005	53,006	53,007	53,007	53,008	53,008	53,008	53,008
Beam max extents on WL m	6,044	5,493	4,953	4,414	4,15	4,038	3,96	3,915	3,9
Wetted Area m^2	908,503	909,208	909,825	910,391	910,911	911,401	911,866	912,312	912,753
Waterpl. Area m^2	258,844	242,06	228,956	218,775	210,997	205,261	201,319	199,012	198,25
Prismatic coeff. (Cp)	0,903	0,903	0,902	0,902	0,902	0,903	0,903	0,904	0,905
Block coeff. (Cb)	0,651	0,684	0,73	0,797	0,831	0,844	0,857	0,871	0,875
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	27,033	27,046	27,064	27,072	27,08	27,086	27,09	27,083	27,081
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,518	26,526	26,534	26,544	26,555	26,566	26,576	26,585	26,594
Max deck inclination deg	50,0038	55,0038	60,0038	65,0034	70,0029	75,0023	80,0016	85,0008	90
Trim angle (+ve by stern) deg	-1,1206	-1,3779	-1,7259	-2,164	-2,8113	-3,8585	-5,8855	-11,6062	-1,#IND

d. Intact Stability Assesment on Loadcase 1. Lightweight (LWT) 0% Bunker IMO MSC.267(85) Code on Intact Stability

Loadcase 4 (LWT Bunker 0%)

Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin%
2.2 Pontoons	2.2.4.1 GZ area: to Max GZ	4,5837	m.deg	90,6714	Pass	1878,13
2.2 Pontoons	2.2.4.2 Angle of equilibrium ratio	50	%	0	Pass	100
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability <=100m in length	20	deg	75,2	Pass	275,9
2.2 Pontoons	2.2.4.3 Angle of vanishing stability >=150m in length	15	deg	75,2	Pass	401,19

Equilibrium Condition

- Loadcase 1. Full Load Bunker 98%
- Loadcase 2. Half Load Bunker 50%
- Loadcase 3. MT Load Bunker 10%
- Loadcase 4. LWT Bunker 0%

Hydrostatic Conditions	LC 1 (Full Load Bunker 100%)	LC 2 (Half Load Bunker 50%)	LC 3 (MT Load Bunker 10%)	LC 4 (LWT Bunker 0%)
Draft Amidships m	2,004	1,627	1,302	1,22
Displacement t	2358	1870	1463	1361
Heel deg	0	0	0	0
Draft at FP m	1,859	1,573	1,341	1,283
Draft at AP m	2,148	1,681	1,263	1,157
Draft at LCF m	2,005	1,627	1,303	1,22
Trim (+ve by stern) m	0,289	0,108	-0,078	-0,126
WL Length m	52,803	51,571	50,136	49,772
Beam max extents on WL m	24,2	24,2	24,2	24,2
Wetted Area m^2	1410,203	1340,987	1275,129	1258,496
Waterpl. Area m^2	1273,447	1242,21	1207,696	1198,872
Prismatic coeff. (Cp)	0,871	0,903	0,917	0,904
Block coeff. (Cb)	0,849	0,875	0,881	0,867
Max Sect. area coeff. (Cm)	0,975	0,969	0,961	0,959
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,997	0,995	0,995	0,995
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	25,798	26,196	26,759	26,939
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	26,374	26,384	26,582	26,631
KB m	1,053	0,852	0,681	0,638
KG fluid m	3,281	7,194	8,786	4,268

Hydrostatic Conditions	LC 1 (Full Load Bunker 100%)	LC 2 (Half Load Bunker 50%)	LC 3 (MT Load Bunker 10%)	LC 4 (LWT Bunker 0%)
BMt m	26,856	32,967	40,966	43,702
BML m	127,791	149,609	175,695	184,71
GMt corrected m	24,628	26,625	32,861	40,072
GML m	125,563	143,266	167,59	181,08
KMt m	27,909	33,819	41,647	44,34
KML m	128,842	150,46	176,376	185,347
Immersion (TPc) tonne/cm	13,053	12,733	12,379	12,288
MTc tonne.m	55,859	50,541	46,262	46,511
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	1013,433	868,809	839,054	952,047
Max deck inclination deg	0,3124	0,1164	0,0845	0,1361
Trim angle (+ve by stern) deg	0,3124	0,1164	-0,0845	-0,1361

LAMPIRAN B

INVESTASI KAPAL

Perhitungan Biaya Kapital & Operasional

Umur Ekonomis Kapal	=	20	tahun
W Steel	=	593,05	ton
W E&O	=	49,10	ton
W Machinary	=	39	ton
Harga Baja	=	$ 1.200,00	/ton
Kurs Rupiah	=	14000	/USD

Structural Cost			
PST	=	W Steel . Harga Baja	
	=	$ 711.660,00	
Outfit Cost			
P E&O	=	W E&O . CE&O	
	=	$ 58.917,72	
Biaya	=	PST + P E&O	
	=	$ 770.577,72	
	=	Rp 10.788.088.098	Biaya Pembangunan
Perhitungan Harga			
Pajak	=	9% . Biata	
	=	$ 69.351,99	
Harga Kapal	=	Biaya + Pajak	
	=	$ 839.929,72	
	=	Rp 11.759.016.027	

LAMPIRAN C

BIAYA OPERASIONAL

Biaya Operasional

Perhitungan Biaya Operasional				
Gaji Crew		Rp	174.000.000,00	/Bulan
		Rp	2.088.000.000,00	/Tahun
Jumlah Crew	=		22	Orang
Repair & Maintenance	=	5% dari harga kapal		
	=	Rp	587.950.801,36	
Asuransi Kapal	=	1,5% dari harga kapal		
	=	Rp	176.385.240,41	
Supplies Crew	=		Rp 50.000	Oranng/Hari
	=	Rp	363.000.000	Orang/Tahun
Harga Fresh Water	=	Rp	12.545.280	/tahun
Dokumen & Administrasi	=		Rp 500.000	/hari
	=	Rp	165.000.000	/tahun
Biaya bahan bakar	=	Rp	117.728.297.527	/tahun
Regasifikasi	=	Rp	2.098.190.477	/tahun
Total Biaya Operasional	=	Rp	121.305.419.326,19	/tahun

biaya depresiasi kapal

Komponen			Biaya Investasi	Umur Ekonomis	Biaya Depresiasi (Rp/Tahun)
Biaya Pembangunan Kapal			Rp 10.788.088.098	20	Rp 539.404.405
Biaya Tanki LNG	1291	m3	Rp17.019.683.333	20	Rp 850.984.167
Biaya Alat Regasifikasi	1	unit	Rp538.216.000	20	Rp 26.910.800
Biaya Genset	20220	Kw	Rp259.584.360.000	20	Rp 12.979.218.000
Biaya Instalasi Listrik					
a)Transmisi dan Gardu Listrik	49	kms	Rp31.087.700	20	Rp1.554.385
Total					Rp 14.398.071.757

Total Biaya PLT Newgate (depresiasi + operasional)
Rp 135.703.491.082,77

LAMPIRAN D

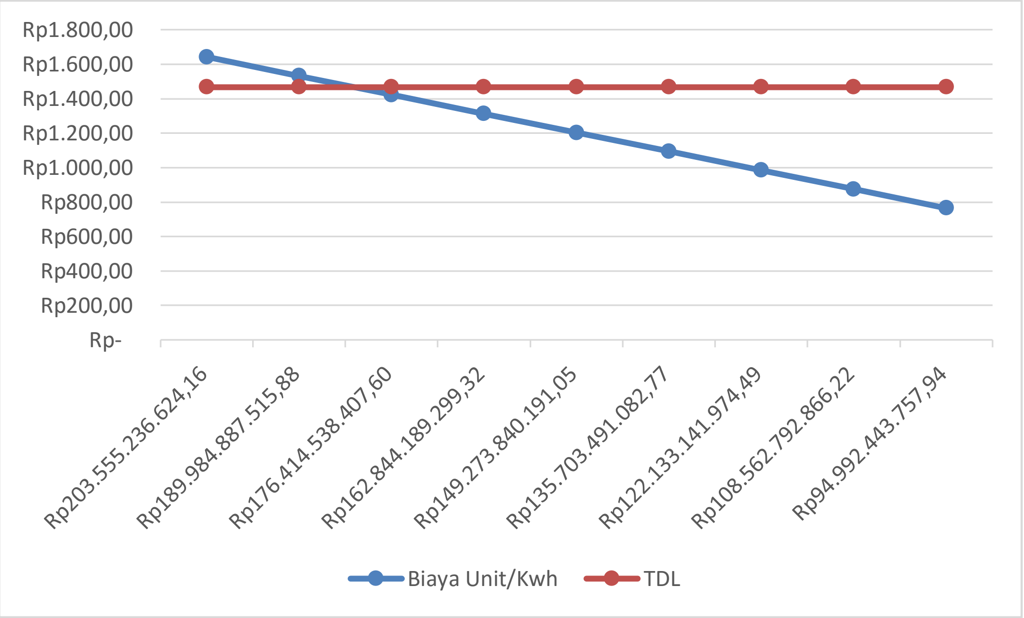
ANALISIS SENSITIVITAS

Biaya Pokok Penyediaan

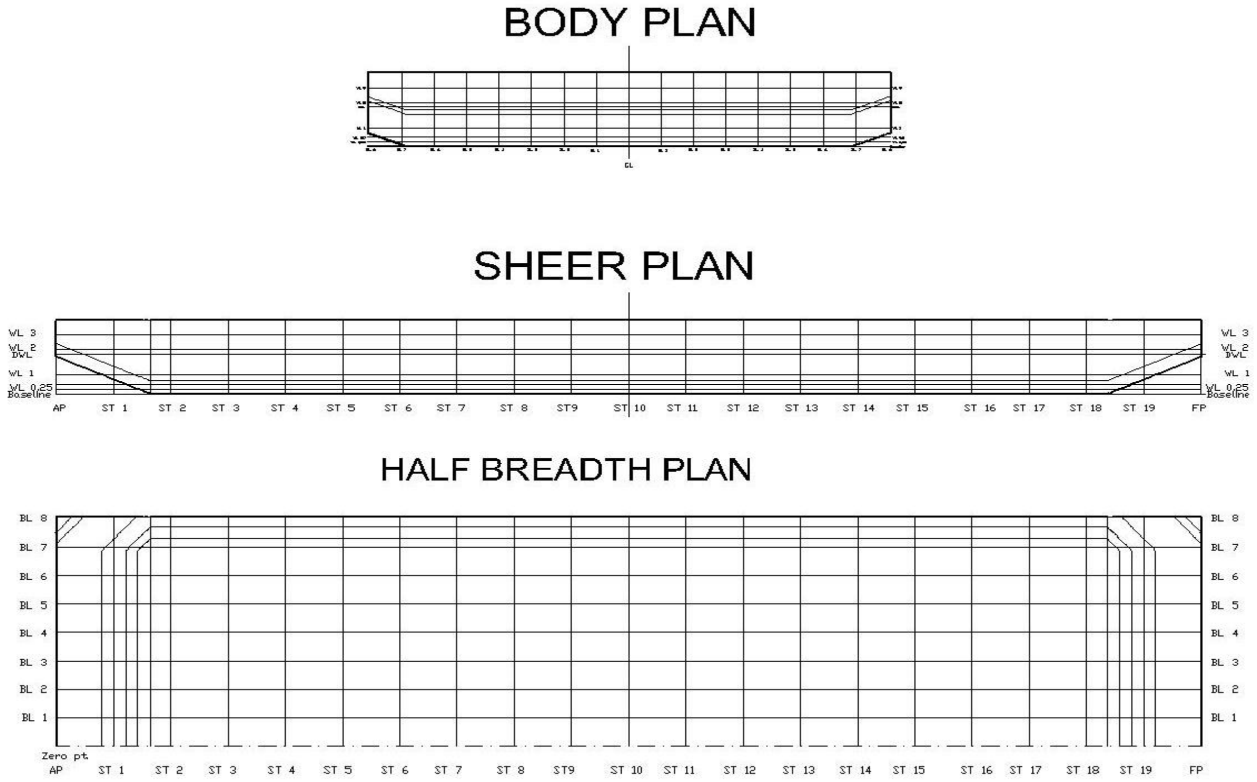
Pulau	Kebutuhan Listrik (MW/tahun)	Kebutuhan LNG per tahun (ton/tahun)	Kapal	Daya Kapal	Total biaya Power Barge	Biaya Unit (Rp/ton)	Biaya Unit (Rp/Kwh)
Raas	5501	39196	Newgate	20,22	Rp 135,703,491,082.77	Rp 3,462,177.04	Rp 1,094.37

Analisis Sensitivitas

Total Biaya PLT	Biaya Unit/Kwh	TDL
Rp 203.555.236.624,16	Rp 1.641,55	1467
Rp 189.984.887.515,88	Rp 1.532,11	1467
Rp 176.414.538.407,60	Rp 1.422,67	1467
Rp 162.844.189.299,32	Rp 1.313,24	1467
Rp 149.273.840.191,05	Rp 1.203,80	1467
Rp 135.703.491.082,77	Rp 1.094,37	1467
Rp 122.133.141.974,49	Rp 984,93	1467
Rp 108.562.792.866,22	Rp 875,49	1467
Rp 94.992.443.757,94	Rp 766,06	1467



LAMPIRAN E
LINES PLAN, GENERAL ARANGEMENT, 3D MODEL



PRINCIPAL DIMENSION	
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	53.0 m
BREADTH MOULDED (B)	24.2 m
HEIGHT (H)	3.9 m
DRAUGHT (T)	2.1 m
Power Capacity	(3x6.74 MW)

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

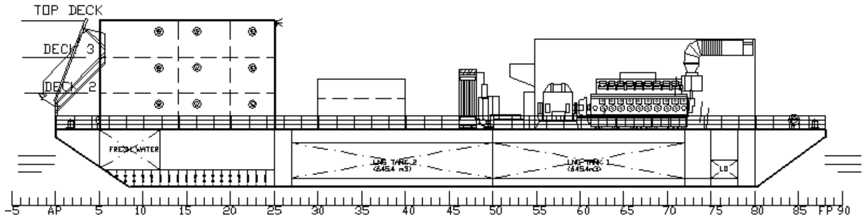
PLT - NEWGATE - 20 MW

LINES PLAN

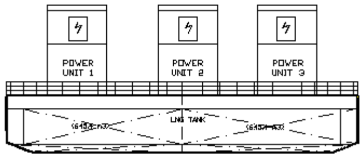
Scale	1 : 250	Signature	Date	Note
Drawn by	[illegible]			A3
Approved by	[illegible]			NRP 0411124000027

GENERAL ARRANGEMENT

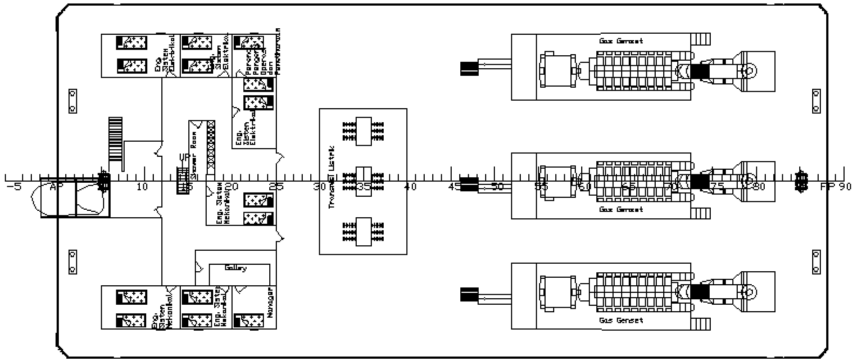
SIDE VIEW



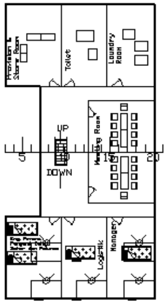
FRONT VIEW



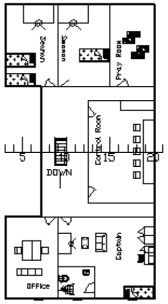
MAIN DECK



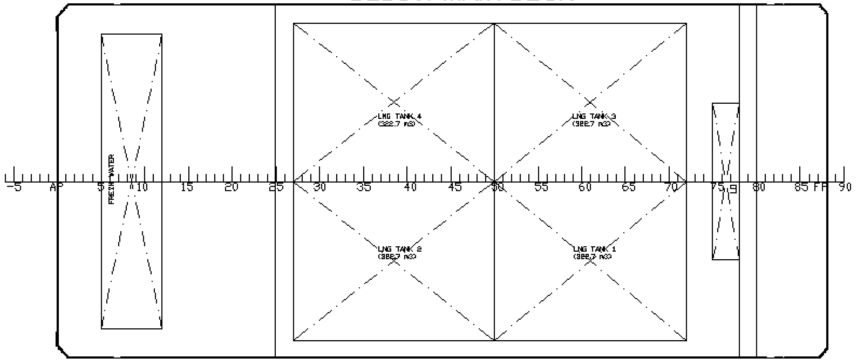
DECK 2



DECK 3



BELOW MAIN DECK



PRINCIPAL DIMENSION	
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	53.0 m
BREADTH MOULDED (B)	24.2 m
HEIGHT (H)	3.9 m
DRAUGHT (T)	2.1 m
Power Capacity	(3x6.74 MW)

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

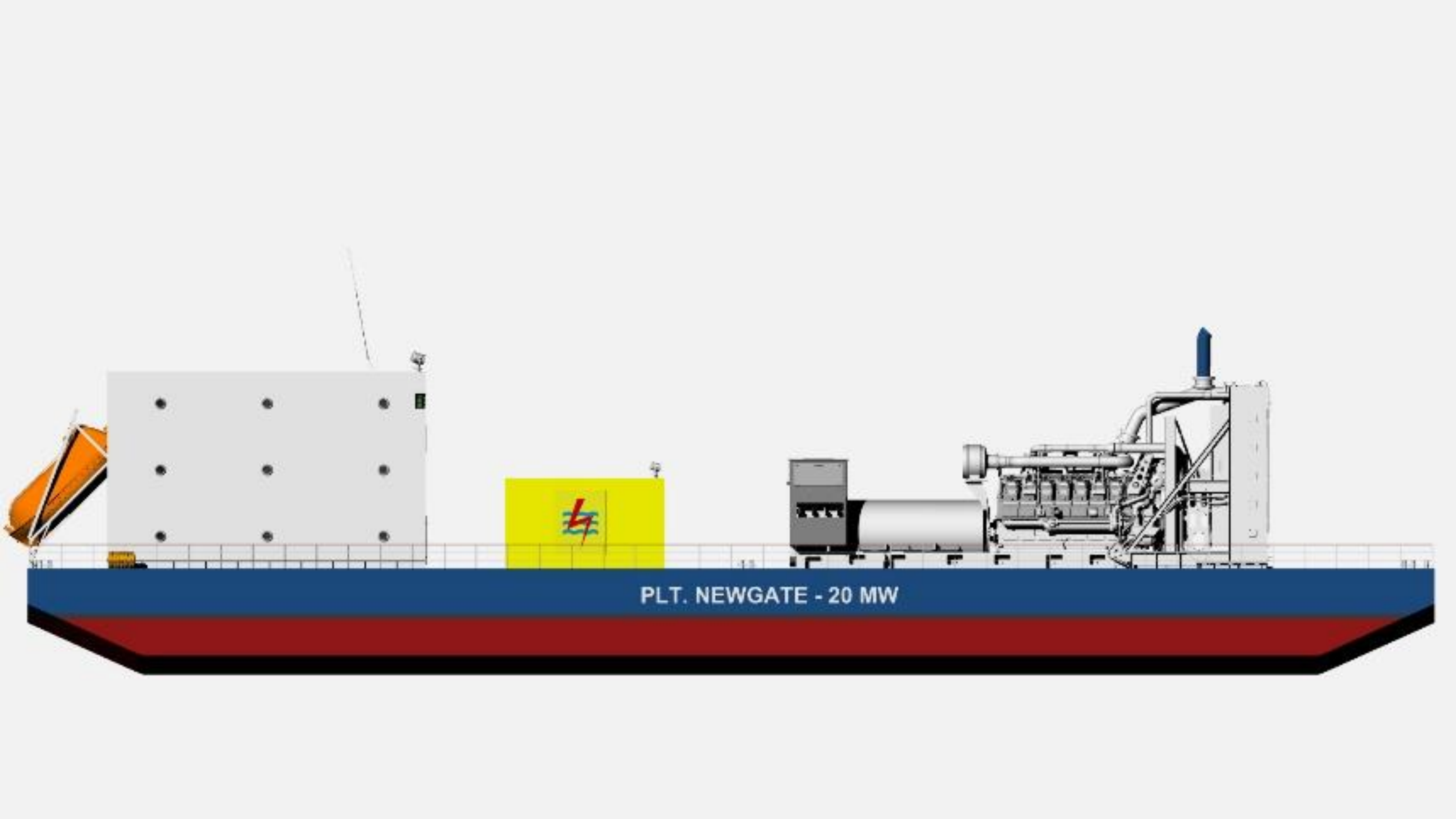
PLT - NEWGATE - 20 MW

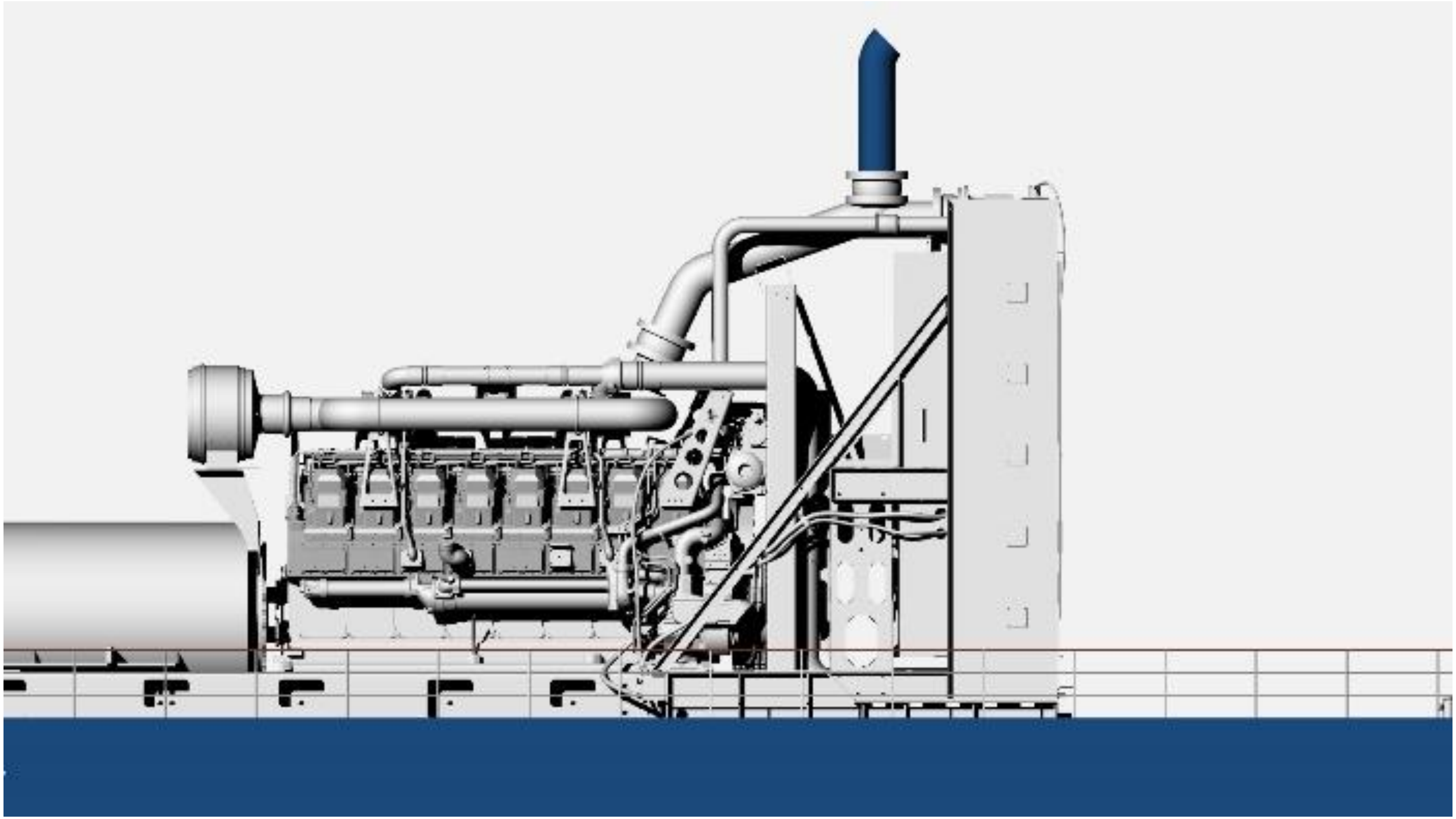
GENERAL ARRANGEMENT

Scale	1 : 200	Signature	Date	Note
Drawn by	[illegible]			A3
Approved by	Ahmad Nasirudin, S.T. M.Eng			NRP 04111240000027

PLT. NEWGATE - 20 MW

NO SMOKING
PLT. NEWGATE - 20 MW
POWER UNIT 1
POWER UNIT 2
POWER UNIT 3


PLT. NEWGATE - 20 MW



BIODATA PENULIS

Hilmi Firmansyah, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Ciamis pada 24 Juni 1994 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK PGRI Mekar Payungagung, kemudian melanjutkan ke SDN 1 Payungagung, MTsN Banjarangsana dan SMAN 1 Cisartua Kab Bandung Barat. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun

Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* di organisasi Jamaah Masjid Manarul Ilmi 2013/2014 serta *crew* di ITS Online pada 2014 – 2016. Keaktifan di bidang selain akademis memberikan pengalaman dan kemampuan bagi penulis untuk lebih berkembang dalam kemampuan *soft skill*.

Email: hilmifirmansyah1@gmail.com