



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK DAN DESALINASI  
AIR LAUT UNTUK DAERAH BENCANA DI INDONESIA**

**Mochammad Amoranggoro Wendiego  
NRP 0411161000082**

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

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





**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK DAN  
DESALINASI AIR LAUT UNTUK DAERAH BENCANA DI  
INDONESIA**

**Mochammad Amoranggoro Wendiego  
NRP 0411161000082**

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

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





**FINAL PROJECT - MN 184802**

**DESIGN OF POWER PLANT AND SEA WATER  
DESALINATION VESSEL FOR POST-DISASTER AREAS IN  
INDONESIA**

**Mochammad Amoranggoro Wendiego  
NRP 0411164000082**

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

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



## LEMBAR PENGESAHAN

# DESAIN KAPAL DENGAN PEMBANGKIT LISTRIK DAN DESALINASI AIR LAUT UNTUK DAERAH BENCANA DI INDONESIA

### 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:

**MOCHAMMAD AMORANGGORO WENDIEGO**  
NRP 0411164000082

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

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

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

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

SURABAYA, 3 Agustus 2020







# LEMBAR REVISI

## DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK DAN DESALINASI AIR LAUT UNTUK DAERAH BENCANA DI INDONESIA

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 2020

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

Oleh:

**MOCHAMMAD AMORANGGORO WENDIEGO**  
NRP 04111640000082

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Yuda Apri Hermawan, S.T., M.T.

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

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



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

SURABAYA, 3 Agustus 2020



Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya



## KATA PENGANTAR

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

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

1. Ibu Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Yuda Apri Hermawan, Bapak Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng., dan 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 izin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. *Lloyd's Register of Shipping* yang telah memberikan perangkat lunak *Rulefinder 9.13* untuk mempermudah pencarian dan pemakaian *Class rules* dan *statutory regulations*;
5. Keluarga yang selalu mendukung perkuliahan saya;
6. Dan orang-orang yang saya cintai.

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, 27 Juli 2020

Mochammad Amoranggoro Wendiego



# DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK DAN DESALINASI AIR LAUT UNTUK DAERAH BENCANA DI INDONESIA

Nama Mahasiswa : Mochammad Amoranggoro Wendiego  
NRP : 0411164000082  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang terletak di antara tiga lempengan tektonik aktif, yaitu: lempeng Indo-Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik. Hal itu membuat Indonesia menjadi negara yang rawan akan terjadinya bencana alam seperti gempa bumi dan tsunami. Bencana alam khususnya tsunami, dapat mengakibatkan rusaknya sarana prasarana di daerah tersebut, dalam penelitian ini putusannya jaringan listrik dan jaringan pipa air bersih pasca terjadinya bencana alam. Dikarenakan rusaknya sarana prasana pada daerah tersebut, maka untuk melakukan perbaikan jaringan listrik dan air bersih via jalur darat akan lebih susah karena akses jalan yang rusak ataupun terhalangi puing-puing bangunan/pohon, sehingga pada penelitian ini akan dibuat suatu instalasi untuk menyalurkan jaringan listrik dan air tawar, dalam hal ini Kapal Pembangkit Listrik dan Desalinasi Air Laut. Untuk mendapatkan *payload* kapal diperlukan data kebutuhan listrik dan air bersih perkapita di Indonesia dan data pengungsi bencana alam di Indonesia, dan untuk menentukan homebase dari kapal ini, agar waktu yang ditempuh untuk mencapai daerah pascabencana alam tidak terlalu lama, dan akses jaringan listrik dan air bersih untuk perbaikan daerah bencana dapat segera menyala dan membantu perbaikan sarana prasana disana. Dari penelitian ini didapatkan kapasitas kapal sebesar 13,3 MW dan 1900000 GPD dengan ukuran utama kapal  $L = 64,42$  m,  $B = 21,3$  m,  $H = 5,45$  m,  $T = 4,1$  m,  $C_b = 0,7$  dan,  $V_s = 12$  knot. Biaya pembangunan kapal sebesar Rp. 152.300.198.032,012.

Kata kunci: Kapal, Pembangkit Listrik, Desalinasi Air Laut, Pascabencana





# POWER PLANT AND SEA WATER DESALINATION VESSEL DESIGN FOR POST-DISASTER AREAS IN INDONESIA

Author : Mochammad Amoranggoro Wendiego  
Student Number : 0411164000082  
Department / Faculty : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Supervisor : Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.

## ABSTRACT

Indonesia is located between three active tectonic plates, Indo-Australian plate, Eurasian plate and Pacific plate. That makes Indonesia often stricken by natural disasters such as earthquake and tsunami. Tsunami and other natural disasters can damage infrastructure in the area. In this study, the electricity and water supply pipelines were damaged after stricken by natural disasters. Due to damage to infrastructure in the area, to fix the electricity network and clean water pipelines through land will be more difficult to access, roads are damaged or blocked by building debris, this research will be made a tool to connect the electricity and fresh water networks, in this case Electric Power Vessel and Sea Water Desalination Vessels. To get payload for the Vessels, be required data on the need for electricity and clean water per capita in Indonesia and data for natural disaster refugees in Indonesia, and decide for the home base of this ship, so that it can arrive to the natural disasters area not too long, and access to electricity and clean water networks can be fixed immediately. From this study, the capacity of the vessel is 13.3 MW and 1900000 GPD with the main size of the ship  $L = 64.42$  m,  $B = 21.3$  m,  $H = 5.45$  m,  $T = 4.1$  m,  $C_b = 0.7$  and,  $V_s = 12$  vertices. Ship building costs estimated to be around Rp. 152.300.198.032,012

Keywords: *Diesel, Floating Power Plant, Desalination Production Vessel, Post-disaster*



# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	v
LEMBAR REVISI.....	vii
HALAMAN PERUNTUKAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT.....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR.....	xix
DAFTAR TABEL.....	xxi
DAFTAR SIMBOL.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Hipotesis.....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Dasar Teori.....	5
2.1.1. <i>Floating Power Plant</i> .....	5
2.1.2. Kapal Desalinasi Air Laut.....	8
2.1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).....	9
2.1.4. Teknologi Desalinasi <i>Reverse Osmosis</i> .....	10
2.1.5. Menentukan Ukuran Utama Kapal.....	11
2.1.6. Perhitungan Hambatan Kapal.....	12
2.1.7. Perhitungan Propulsi dan <i>Powering</i> .....	12
2.1.8. Perhitungan dan Pengecekan Stabilitas.....	13
2.1.9. Perhitungan dan Pemeriksaan <i>Freeboard</i> .....	13
2.2. Tinjauan Pustaka.....	14
2.2.1. Tugas Akhir Desain Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) untuk Daerah Pasca Bencana Alam.....	14
2.2.2. Tugas Akhir Desain <i>Desalination Production Vessel (DPV)</i> untuk Mengatasi Kekurangan Air Tawar di Madura.....	14
2.2.3. <i>Floating Diesel Power Station Project Guide</i> .....	15
BAB 3 METODOLOGI.....	17
3.1. Bagan Alir.....	17
3.2. Tahapan Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah.....	17
3.3. Tahapan Studi Literatur.....	17
3.4. Tahapan Pengumpulan Data.....	18
3.4.1. Data Kebutuhan Listrik dan Air Tawar Perkapita.....	18
3.4.2. Data Jumlah Korban Bencana Alam Berberapa Tahun Terakhir.....	18
3.5. Tahapan Pengolahan Data.....	18
3.6. Tahapan Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan Model 3D.....	19

3.7.	Tahapan Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal .....	19
3.8.	Kesimpulan dan Saran .....	19
3.9.	Lampiran .....	19
<b>BAB 4</b>	<b>Analisis Teknis .....</b>	<b>21</b>
4.1.	Gambaran Umum .....	21
4.2.	Penentuan Daerah Operasional, <i>Home Base</i> Kapal dan Rute Acuan Pelayaran....	21
4.2.1.	Penentuan Daerah Operasional .....	21
4.2.2.	<i>Home Base</i> Kapal .....	23
4.2.3.	Rute Acuan Pelayaran .....	24
4.3.	Analisis Perhitungan <i>Owner Requirement</i> .....	25
4.4.	Perhitungan <i>Payload</i> Kapal .....	26
4.4.1.	Data Pengungsi Bencana Alam Besar Berberapa Tahun Terakhir di Indonesia 26	
4.4.2.	Menentukan Peralatan Dari Pembangkit Listrik dan Desalinasi Air Laut .....	27
4.4.3.	Penentuan Kebutuhan Listrik untuk Daerah Bencana di Indonesia .....	27
4.4.4.	Penentuan Luasan dan Berat Sistem Pembangkit Listrik dan Ukuran Tangki Bahan Bakar.....	28
4.4.5.	Penentuan Kebutuhan Air Tawar untuk Daerah Bencana di Indonesia .....	29
4.4.6.	Penentuan Ukuran dan Berat Mesin Desalinasi Air Laut dan Volume Tangki yang Digunakan .....	30
4.5.	Analisis Hasil Perhitungan Teknis .....	30
4.5.1.	Menghitung Berat <i>Payload</i> Kapal .....	31
4.5.2.	Membuat <i>layout</i> awal .....	31
4.5.3.	Menentukan <i>Parent Ship</i> .....	31
4.5.4.	Rasio Dimensi Kapal.....	32
4.5.5.	Koefisien-Koefisien Bentuk Kapal .....	32
4.5.6.	Analisis Hambatan Kapal.....	35
4.5.7.	Analisis Kebutuhan Daya Mesin Induk Kapal .....	35
4.5.8.	Analisis Perhitungan Berat.....	36
4.5.9.	Analisis <i>Freeboard</i> .....	37
4.5.10.	Analisis Stabilitas dan Trim Kapal.....	38
4.6.	Pembuatan Rencana Garis .....	40
4.7.	Pembuatan Rencana Umum .....	42
4.8.	Pemodelan 3D .....	43
4.9.	Biaya Pembangunan Kapal .....	44
<b>BAB 5</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>47</b>
5.1.	Kesimpulan .....	47
5.2.	Saran.....	48
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN</b>		
LAMPIRAN A	Analisis Teknis	
LAMPIRAN B	Rencana Garis	
LAMPIRAN C	Rencana Umum	
LAMPIRAN D	Gambar 3D	
<b>BIODATA PENULIS</b>		

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Grafik Kejadian Bencana Alam di Indonesia 10 Tahun Terakhir .....	1
Gambar 2.1 Klasifikasi Power Ship .....	7
Gambar 2.2 <i>Power Ship Shark Class</i> .....	8
Gambar 2.3 <i>Power Ship Khan Class</i> .....	8
Gambar 2.4 Orca Class .....	8
Gambar 2.5 <i>Mermaid Class</i> .....	8
Gambar 2.6 <i>Power Ship Seal Class</i> .....	8
Gambar 2.7 Satuan PLTD .....	10
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	17
Gambar 4.1 Persebaran Bencana Alam Tahun 2019 .....	22
Gambar 4.2 Peta Potensi Tsunami.....	22
Gambar 4.3 Peta Pembagian Wilayah Operasi Kapal .....	23
Gambar 4.5 <i>Home Base</i> Kapal .....	24
Gambar 4.6 Acuan Rute Wilayah Bagian Barat .....	25
Gambar 4.7 Acuan Rute Wilayah Bagian Timur .....	25
Gambar 4.8 <i>Layout</i> Awal Kapal .....	31
Gambar 4.9 <i>Karadeniz Powership Nezh Bey</i> .....	32
Gambar 4.10 <i>Linesplan</i> .....	41
Gambar 4.11 <i>General Arrangement</i> .....	43
Gambar 4.12 3D Kapal Pembangkit Listrik dan Desalinasi Air Laut .....	44



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel Kriteria Klasifikasi Pembangkit Listrik Apung.....	7
Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin Pembangkit Listrik.....	27
Tabel 4.2 Spesifikasi Mesin Desalinasi.....	27
Tabel 4.3 Perhitungan Payload Pembangkit Listrik.....	29
Tabel 4.4 Keperluan Pembangkit Listrik.....	29
Tabel 4.5 Perhitungan Payload Desalinasi Air Laut.....	30
Tabel 4.6 Keperluan Mesin Desalinasi.....	30
Tabel 4.7 Rasio Ukuran Utama.....	32
Tabel 4.8 Koefisien Lambung Kapal.....	34
Tabel 4.10 Tabel Hambatan Kapal.....	35
Tabel 4.11 Spesifikasi Mesin Induk.....	35
Tabel 4.12 Spesifikasi Generator.....	36
Tabel 4.13 Perhitungan Berat Baja.....	36
Tabel 4.14 Koreksi Displacement.....	37
Tabel 4.15 <i>Freeboard</i> .....	38
Tabel 4.16 <i>Loadcase</i> .....	39
Tabel 4.17 Trim Kapal.....	39
Tabel 4.18 Stabilitas Kapal.....	40
Tabel 4.19 k1 dan k2.....	45
Tabel 4.20 Perhitungan Biaya Pembangunan.....	46
Tabel 4.21 Penyesuaian Biaya Pembangunan.....	46





## DAFTAR SIMBOL

AM	= Luasan $m$
B	= Koefisien blok kapal kulit
B <sub>PPTotal</sub>	= Berat total pembangkit listrik
B <sub>FDO</sub>	= Berat <i>diesel oil</i>
B <sub>Generator</sub>	= Berat generator
B <sub>GO</sub>	= Berat perlengkapan generator
B <sub>ReverseOsmosis</sub>	= Berat mesin desalinasi air laut
B <sub>TotalDesalination</sub>	= Berat total desalinasi air laut
CB	= Koefisien blok kapal
CM	= Koefisien <i>midship</i>
CP	= Koefisien Prismatic
CWP	= Luasan bidang garis air
D <sub>Supply</sub>	= Hari lama menyuplai bencana alam
F <sub>c</sub>	= <i>Generator diesel oil consumption</i>
LCB	= Letak memanjang titik gaya apung
LCG	= Letak memanjang titik gaya berat
MCR	= <i>Maximum Continuous Rating</i>
NM	= Mil laut ( <i>nautical mile</i> )
O	= Jumlah Acuan Bencana Alam
P <sub>Generator</sub>	= Kapasitas Genset
P <sub>Perkapita</sub>	= Daya Kebutuhan Listrik Perkapita
P <sub>Total</sub>	= Daya Kebutuhan Listrik Total
T	= Sarat kapal
V	= Volume displasemen
W <sub>cons</sub>	= Berat <i>consumable</i>
W <sub>crew</sub>	= Berat kru
WE	= Berat mesin utama
WE&O	= Berat outfitting
W <sub>payload</sub>	= Berat <i>payload</i>
W <sub>st</sub>	= Total berat baja
W <sub>perhari</sub>	= Kebutuhan air tawar perhari
X <sub>Desalinator</sub>	= Jumlah mesin desalinasi air laut
X <sub>Generator</sub>	= Jumlah generator pembangkit listrik
$\Delta$	= Displasemen
H	= Tinggi kapal
KG	= Letak titik berat dihitung dari <i>keel</i>
L	= Panjang kapal
L <sub>wl</sub>	= Panjang kapal sesuai dengan garis air



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara kepulauan terbesar di dunia. Sepertiga luas dari Indonesia adalah daratan dan dua pertiga luas Indonesia adalah lautan. Luas Indonesia adalah 1.919.440 km<sup>2</sup> yang menempatkan Indonesia sebagai negara ke-15 terluas di dunia sedangkan luas wilayah lautannya adalah sekitar 3,2 juta km<sup>2</sup>. Dengan luas wilayah yang sedemikian besar tersebut belum menjamin kemakmuran masyarakat yang tinggal di negeri ini, terutama mereka yang hidup di wilayah pesisir Indonesia.

Kondisi geografis Indonesia rawan sekali terjadi bencana alam. Gempa bumi menjadi bencana alam yang kerap mengancam Indonesia mengingat Indonesia merupakan tempat bertemunya 3 lempeng besar dunia yang masih aktif, yaitu Lempeng Euroasia, Lempeng Indo-Australia atau Lempeng Samudra Hindia, dan Lempeng Pasifik. Tumbukan lempeng-lempeng ini yang merupakan penyebab sering terjadinya gempa bumi di Indonesia. Contoh bencana gempa bumi besar yang pernah terjadi akibat tumbukan itu adalah gempa bumi dan tsunami di Aceh pada tahun 2004 dan gempa Padang tahun 2009. Pada kasus gempa Padang, Lempeng Samudera Hindia menujam kebawah Lempeng Asia yang berada di Sumatera. (News.Okezone.com,2009) .



Gambar 1.1 Grafik Kejadian Bencana Alam di Indonesia 10 Tahun Terakhir

Bencana alam dapat mengakibatkan kerusakan pada fasilitas-fasilitas publik yang menunjang kebutuhan kita sehari-hari. Air bersih dan listrik merupakan kebutuhan pokok yang dibutuhkan masyarakat untuk menunjang kebutuhan sehari-hari. Pasca terjadinya bencana alam

sering kali merusak fasilitas pemasok listrik dan air bersih sehingga dua hal tersebut sulit dijangkau.

Salah satu contoh kejadian bencana alam yang mengakibatkan kesulitan dalam mendapatkan pasokan air bersih dan listrik adalah kejadian gempa bumi dan tsunami di Sulawesi Tengah. "Saat di lapangan, banyak kendala yang dihadapi tim seperti listrik padam, tidak adanya air bersih, keamanan kurang, hingga penjarahan dimana-mana, Akses jalan tertutup bekas gempa dan bahkan BBM langka", tulis Cakrawala di grup WA (Whatsapp) Damkar kota Makassar. (makassar.kompas.com, 2018).

Persoalan akses masyarakat korban bencana terhadap makanan dan air bersih juga demikian. Soal makanan, pemerintah sudah mengirimkan bantuan makanan siap saji bagi korban bencana. "Bantuan makanan, hari ini kita kirim sebanyak-banyaknya pakai pesawat Hercules dari Jakarta langsung. Ada beberapa pesawat. Kemudian setelah dari sana, akan diambil lagi dari Balikpapan dan Makassar yang lebih dekat," ujar Jokowi. Sementara soal air bersih, Jokowi mengatakan masyarakat korban bencana kesulitan dalam mengaksesnya lantaran lumpuhnya pasokan listrik. Dari 7 gardu yang ada, hanya 2 yang beroperasi, sementara 5 gardu lainnya masih dalam tahap perbaikan. (nasional.kompas.com, 2018)

Menanggapi permasalahan-permasalahan seperti ini, penulis mempunyai ide dan wacana yang dituangkan dalam Tugas Akhir ini yaitu membuat suatu desain kapal pembangkit listrik dan desalinasi air laut untuk suplai listrik dan air bersih di wilayah yang terkena bencana alam di wilayah Indonesia.

## **1.2. Perumusan Masalah**

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

Sehubungan dengan latar belakang di atas, permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Berapakah *payload* kapal?
2. Berapakah ukuran utama kapal yang sesuai?
3. Bagaimana analisis wilayah operasional kapal yang sesuai?
4. Bagaimana analisis teknis kapal?
5. Bagaimana membuat desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), model 3D, dan *Safety Plan*?
6. Berapakah biaya pembangunan kapal?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Memperoleh *payload* kapal.
2. Memperoleh ukuran utama kapal yang sesuai.
3. Melakukan analisis wilayah operasional kapal.
4. Melakukan analisis teknis kapal.
5. Membuat desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), model 3D dan *Safety Plan*.
6. Menghitung biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal.

### **1.4. Batasan Masalah**

Batasan–batasan masalah pada penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Desain yang dibahas hanya sebatas *concept design*.
2. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini penulis tidak menghitung kekuatan memanjang dan konstruksi.
3. Sumber tenaga yang digunakan untuk pembangkit listrik adalah mesin diesel.
4. Sistem desalinasi air laut menggunakan konsep *reverse osmosis* (RO).

### **1.5. Manfaat**

Dari pengerjaan Tugas Akhir ini, diharapkan dapat memberikan 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. Memberikan inovasi di bidang industri perkapalan untuk menunjang kebutuhan listrik dan air bersih di daerah yang terkena bencana.

### **1.6. Hipotesis**

Hipotesis dari TA ini adalah dengan desain ini akan diperoleh kapal dengan pembangkit listrik dan desalinasi air laut yang dapat mensuplai kebutuhan listrik dan air bersih untuk daerah yang terkena bencana alam.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 2**

### **STUDI LITERATUR**

#### **2.1. Dasar Teori**

Pada dasar teori ini dijelaskan secara detail mengenai pengetahuan mengenai kelistrikan dari kapal pembangkit listrik dan *Desalination Production Vessel* (DPV) menggunakan metode *Reverse Osmosis* (RO). Alat yang digunakan dalam proses desalinasi air laut lebih sering dikenal dengan *water maker*.

##### **2.1.1. Floating Power Plant**

*Powership* (atau pembangkit listrik terapung) merupakan kapal dengan tujuan khusus, dimana pembangkit listrik dipasang di atas barge sebagai sumber daya pembangkit listrik. Dalam pembangunan pembangkit listrik, perlu diperhatikan hal-hal seperti besar pembangkit listrik, ketersediaan lahan, kemudahan akses, kondisi infrastruktur, serta waktu pembangunan dari pembangkit listrik tersebut.

Banyak pulau memiliki keterbatasan atau, lebih sering, tidak memiliki akses ke jaringan listrik di daratan. Situasi ini terutama terlihat di negara-negara seperti Jepang, Indonesia atau Filipina, di mana wilayah lepas pantai tidak dapat dihubungkan dengan kabel bawah laut. Di daerah ini pembangkit listrik lokal atau menggunakan angin atau energi pasang surut, tidak layak karena kebutuhan energi yang kecil atau koneksi yang kompleks ke jaringan pulau. Di sinilah pembangkit listrik terapung masuk.

Desain mereka memungkinkan transportasi yang mudah dan posisi di daerah- daerah terpencil di sungai, lautan atau tempat-tempat di mana opsi berbasis lahan tidak layak, misalnya, Cina telah mengumumkan bahwa pemerintah akan mengirim armada pembangkit listrik tenaga nuklir untuk menyediakan energi bagi pulau-pulau terpencil dan rig minyak pada tahun 2020. Karena sifat dasar mengambang dari pembangkit listrik, kebutuhan untuk situs yang tersedia untuk membangun sumber energi tradisional dihilangkan. Pembangkit listrik terapung juga memiliki keuntungan dari implementasi yang mudah dan penghematan biaya karena memungkinkan untuk menggunakan kembali kapal yang ada untuk tujuan ini, memotong kebutuhan untuk konstruksi tambahan.

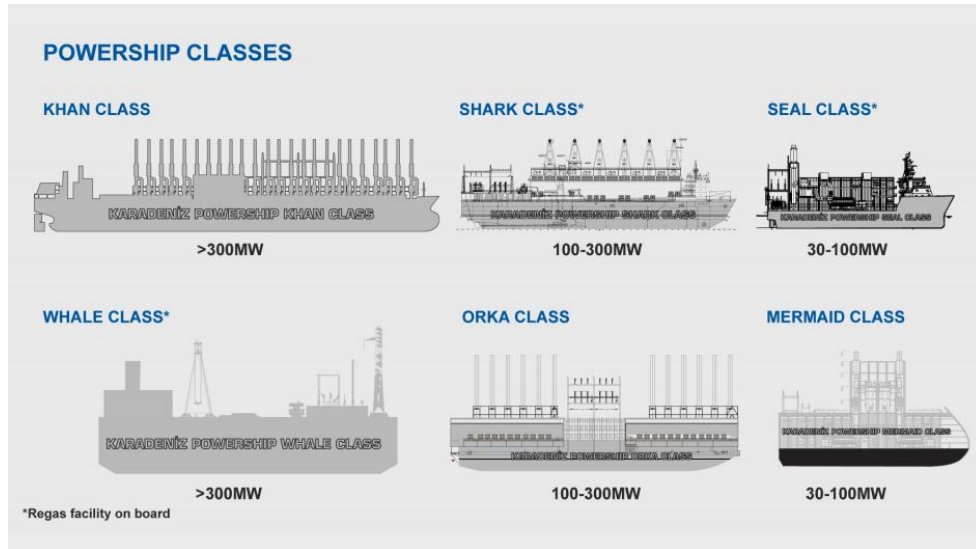
Mobilitas seperti itu memungkinkan untuk digunakan di mana saja di dunia terutama daerah, mengalami kekurangan daya akibat bencana alam atau infrastruktur yang kurang berkembang.

Mungkin juga ada motivasi ekonomi seperti di Australia, di mana penyedia energi utama telah mengumumkan kenaikan harga lebih dari 300 dolar Australia. Ini telah mendorong rencana untuk menyewa pembangkit listrik terapung dari Powership perusahaan Turki sebagai langkah sementara sampai pabrik permanen dibangun. Menyewa kapal listrik, daripada membangunnya, akan memungkinkan pemerintah Australia untuk menghindari komitmen keuangan jangka panjang, yang merupakan keuntungan tambahan dari pembangkit listrik mengambang ini.

Menghasilkan tenaga lepas pantai juga bisa menjadi solusi ramah lingkungan. Di mana pulau-pulau yang kekurangan listrik cenderung menggunakan generator diesel yang mengeluarkan emisi berbahaya ke udara, pembangkit listrik apung memiliki kemampuan untuk menghasilkan listrik dengan memanfaatkan tenaga surya, angin dan pasang surut serta LNG, yang membakar jauh lebih bersih daripada bahan bakar fosil lainnya. Meskipun, kadang-kadang pembangkit ini dijalankan dengan diesel juga, tetapi dengan meningkatnya kepedulian terhadap lingkungan dan dampak negatif dari emisi bahan bakar berbahaya, ini secara bertahap menjadi langka. Belum lagi, dari sudut pandang konsumen, kapal tenaga LNG membuat listrik lebih murah sepertiga dari generator diesel konvensional, menurut Mitsubishi Heavy Industries. Artinya, opini publik bisa lebih setuju terhadap pembangkit listrik apung LNG yang lebih efisien dalam menghasilkan listrik.

Memang, solusi pembangkit listrik mengambang LNG mendapatkan daya tarik di seluruh dunia. Misalnya, perusahaan China Wison Offshore & Marine sedang mengembangkan fasilitas pemuatan dan penyimpanan LNG, regasifikasi, dan pembangkit listrik dalam satu unit untuk menghasilkan pasokan listrik. Kapasitas dari terkecil hingga terbesar berkisar dari 10 MW hingga 800 MW. Hal ini membuat LNG menjadi pusat perhatian lebih banyak lagi dengan perusahaan lain seperti Wärtsilä, MAN Diesel & Turbo, Siemens dan Sevan Marine yang berinvestasi dalam pengembangan pembangkit listrik terapung. Pengembangan rantai pasokan terintegrasi seperti itu memperkuat tidak hanya pengaruh perusahaan-perusahaan LNG tetapi seluruh industri itu sendiri.





Gambar 2.1 Klasifikasi Power Ship

Pembagian klasifikasi *Floating Power Plant* berdasarkan besarnya daya kapal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.5 di atas. Untuk rincian perbandingannya dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1 Tabel Kriteria Klasifikasi Pembakil Listrik Apung

	Khan Class	Shark Class	Orca Class	Seal Class	Mermaid Class
Capacity (MW)	415 – 470	110 – 240	200-260	34-40	34-80
Length (Overall) Meter	285 - 300	160 - 240	135-140	84	90-110
Breadth (Extreme) Meter	45-50	20-32	42	18-22	25
Height (Extreme) Meter	47 - 50	40	45-60	25-32	46
Draft (Moulded) Meter	5-7	5-6	3-4	5-6	3-4
Self - Propelled	✓	✓	x	✓	x
On-Board Accomodation (Pax)	80	50	60	20	20
Substation Voltage (kV)	100 - 420	70-170	100-240	36-170	36-170
Frequency (Hz)	42	50/60	50/60	50/60	50/60



Gambar 2.2 *Power Ship Shark Class*



Gambar 2.3 *Power Ship Khan Class*



Gambar 2.5 *Mermaid Class*



Gambar 2.4 *Orca Class*



Gambar 2.6 *Power Ship Seal Class*

### 2.1.2. Kapal Desalinasi Air Laut

Desalinasi adalah metode/proses yang digunakan untuk memisahkan garam dan mineral lainnya dari air sehingga layak untuk diminum dan digunakan untuk keperluan lainnya (mandi, irigasi, dan lain-lain). Dalam pemisahan air tawar dari air asin ini, terdapat beberapa teknologi desalinasi yang telah dikenal antara lain proses distilasi (penguapan), teknologi dengan menggunakan membran, proses pertukaran ion, dan lain-lain.

Proses desalinasi dengan cara distilasi adalah pemisahan air tawar dengan cara mengubah fase air, sedangkan pada proses membran yakni pemisahan air tawar dan air laut dengan cara pemberian tekanan dan menggunakan *membrane reverse osmosis* atau dengan cara elektrodialisa. Disamping alat desalinasi itu sendiri, perlengkapan lainnya yang umum pada proses desalinasi adalah *system intake* air laut termasuk pompa *intake*, saringan kasar dan

saringan halus, perpipaan air laut, perpipaan hasil proses (air tawar) dan tangki penampungan, peralatan energi (listrik) dan sistem distribusi (Said,2005).

Osmosis merupakan proses perpindahan air dari larutan yang konsentrasinya rendah menuju larutan yang konsentrasinya tinggi dikarenakan adanya tekanan osmosis. Proses perpindahan ini melalui membran semipermeabel, dimana proses perpindahan air akan berhenti setelah konsentrasi kedua larutan sama. RO membutuhkan tekanan hidrostatik lebih besar daripada perbedaan tekanan osmotiknya sehingga air bisa mengalir dari larutan yang konsentrasinya lebih tinggi melalui membran semipermeabel. (Yunanda & Riyadi, 2017)

Kapal desalinasi secara konsep merupakan pengembangan alat desalinasi yang berbasis laut. (Wicaksana, 2012)

### **2.1.3. Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD)**

Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) ialah Pembangkit listrik yang menggunakan mesin diesel sebagai mesin penggerak utama yang berbahan bakar *High Speed Diesel Oil* (HSDO) sebagai penggerak utama (prime mover). Prime mover merupakan peralatan yang mempunyai fungsi menghasilkan energi mekanis yang diperlukan untuk memutar rotor generator.

Prinsip kerja PLTD sangat sederhana, udara di kompress dalam silinder untuk menaikkan suhu, maka kita menginjeksikan bahan bakar ke dalam mesin dan pembakaran menghasilkan fluida kerja pada suhu tinggi dan tekanan tinggi untuk mengubah energi panas menjadi energi mekanik.

Proses pembakaran pada mesin diesel tidak menghasilkan pembakaran yang sempurna. Efisiensi PLTD sangat dipengaruhi oleh pemakaian bahan bakar, hal ini disebabkan biaya yang terbesar dalam pengoperasian PLTD adalah biaya bahan bakar ( $\pm 70\%$  dari keseluruhan biaya operasional). Hal inilah yang menyebabkan efisiensi pembangkit jenis ini rendah, lebih kecil dari 50 %. Jika dibandingkan dengan motor bensin, gas buang motor diesel tidak banyak mengandung komponen beracun yang dapat mencemari udara. Selain dari pada itu pemakaian, bahan bakar motor diesel lebih rendah ( $\pm 25\%$ ) dari pada motor bensin, sedangkan harganya pun lebih murah sehingga penggunaan motor diesel umumnya lebih hemat dari pada motor bensin sebagai penggerak mesin industri. Ditinjau dari sisi investasi harga, motor diesel umumnya lebih mahal dari motor bensin karena untuk kapasitas mesin yang sama motor diesel harus dibuat dengan konstruksi dan berat yang lebih besar.

Dalam pembuatan PLTD, terdapat faktor-faktor yang perlu diperhatikan pada saat pemilihan lokasi PLTD, diantaranya sebagai berikut: jarak dari beban dekat, pesediaan areal tanah dan air, pondasi, pengangkutan bahan bakar, kebisingan dan kesulitan lingkungan.

Kegunaan utama PLTD adalah penyedia daya listrik yang dapat berfungsi untuk:

1. Pusat pembangkit
2. Cadangan (stand by plant)
3. Beban puncak
4. Cadangan untuk keadaan darurat (emergency).

PLN membakukan kapasitas SPD (Satuan Pembangkit Diesel) seperti pada Gambar 2.1 sebagai berikut:

-Kelas 1 :	SPD berkapasitas 50 Kw	PLTD bakal
-Kelas 2 :	SPD berkapasitas 100 Kw	
-Kelas 3 :	SPD berkapasitas 350 Kw	PLTD kecil
-Kelas 4 :	SPD berkapasitas 500 Kw	
-Kelas 5 :	SPD berkapasitas 750 Kw	
-Kelas 6 :	SPD berkapasitas 1000 Kw	
-Kelas 7 :	SPD berkapasitas 2500 Kw	
-Kelas 8 :	SPD berkapasitas 4000 Kw	PLTD sedang
-Kelas 9 :	SPD berkapasitas 6000 Kw	
-Kelas 10 :	SPD berkapasitas 8000 Kw	
-Kelas 11 :	SPD berkapasitas 12000 Kw	PLTD besar

Gambar 2.7 Satuan PLTD

#### 2.1.4. Teknologi Desalinasi *Reverse Osmosis*

Desalinasi air laut dapat diartikan sebagai suatu langkah untuk mendapatkan air murni dari air garam dengan menggunakan berbagai macam energi yang berbeda yang terdiri dari 2 jenis metode yaitu *Reverse Osmosis* (RO) dan *Multi Stage Flash* (MSF). *Desalination Production Vessel* (DPV) sendiri menggunakan metode *Reverse Osmosis* (RO) yang dapat

diartikan sebagai suatu teknik aplikasi yang cocok digunakan dalam skala luas, terutama dalam memisahkan kandungan garam maupun zat padat yang perlu dipisahkan dari suatu kandungan murni

Instalasi desalinasi *reverse osmosis* (RO) terdiri dari pengolah awal (*pretreatment*), pompa tekanan tinggi, modul RO dan pengolah akhir. Tujuan pengolah awal untuk menghindari terjadinya risiko penyumbatan karena adanya fouling (pengotor), baik fouling biologi maupun kerak pada membran. Setelah dilakukan pengolah awal, kemudian air laut dipompa ke bejana tertutup dimana air laut ditekan ke modul membran sampai tekanan yang ditentukan (sekitar 50- 80 bar), tergantung desainnya.

Membran yang digunakan untuk proses RO terbuat dari material yang bersifat hidrofilik sehingga air dapat melewatinya dengan mudah, dan memiliki hambatan impermiabel terhadap garam. Distillate water yang keluar dari membran mempunyai TDS 200-500 ppm. Di sisi lain, brine dengan kandungan garam tinggi juga dikeluarkan dari modul membran. Buangan brine tekanannya masih relatif tinggi, maka suatu turbin rekoveri energi digunakan untuk recycle energi. Proses RO tahap kedua diperlukan untuk memperoleh air dengan TDS 20-50 ppm. Umumnya untuk instalasi RO, perbandingan rekoveri adalah 30-50%. Pengolah akhir diperlukan untuk mengurangi sifat korosif dan memperbaiki kualitas. Proses RO memerlukan feedwater dengan kualitas yang baik untuk keberhasilan operasinya, karena membran sangat sensitif terhadap padatan tersuspensi, bahan kimia tertentu dan fouling. Proses RO hanya memerlukan listrik untuk daya pompa. Material membran RO, terbuat dari selulosa asetat, poliamida dan aril-alkil polieterurea. Konfigurasi modul membran RO untuk desalinasi air laut berbentuk spiral wound dan hollow fine fiber. Membran RO mempunyai umur 2-5 tahun. Konsumsi energi listrik rata-rata dari instalasi RO sebesar 4,5 kW(e).jam/m<sup>3</sup>.

#### **2.1.5. Menentukan Ukuran Utama Kapal**

Dalam menentukan ukuran utama dilakukan dengan menggunakan regresi dari ukuran kapal riset yang sudah ada. Data dapat dipetoleh dari situs *class*, seperti BV, DNV GL, dan lain-lain. Ukuran utama yang dicari adalah panjang, lebar, sarat dan tinggi seperti dibawah ini:

1. LPP (*Length Per Perpendicular*) yaitu panjang yang di ukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/ AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/ FP*).
2. Loa (*Length Overall*) yaitu Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang di ukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.

3. *B<sub>m</sub> (Breadth Moulded)* yaitu lebar terbesar diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja atau kapal yang terbuat dari logam lainnya. Untuk kulit kapal yang terbuat dari kayu atau bahan bukan logam lainnya, diukur jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.
4. *H (Height)* yaitu jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai sisi atas balok geladak disisi kapal.
5. *T (Draught)* Yaitu jarak tegak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.
6. *DWT (Deadweight)* yaitu berat dalam ton (1000 kilogram) dari muatan, perbekalan, bahan bakar, air tawar, penumpang dan awak kapal yang diangkut oleh kapal pada waktu dimuati sampai garis muat musim panas maksimum.
7. *V<sub>s</sub> (Service Speed)* ini adalah kecepatan dinas, yaitu kecepatan rata-rata yang dicapai dalam serangkaian dinas pelayaran yang telah dilakukan suatu kapal. Kecepatan ini juga dapat diukur pada saat badan kapal dibawah permukaan air dalam keadaan bersih, dimuati sampai dengan sarat penuh, motor penggerak bekerja pada keadaan daya rata-rata dan cuaca normal.

#### **2.1.6. Perhitungan Hambatan Kapal**

Perhitungan hambatan kapal total yang dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan yang diinginkan oleh *owner*. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi dari besaran hambatan kapal, seperti ukuran kapal, bentuk badan kapal di bawah garis air, dan kecepatan kapal yang dibutuhkan.

#### **2.1.7. Perhitungan Propulsi dan Powering**

Untuk memilih mesin induk yang akan digunakan pada suatu kapal, maka dibutuhkan perkiraan daya motor induk yang mampu mencakup seluruh kebutuhan kapal sehingga kapal dapat beroperasi dengan baik. Setelah daya motor induk dihitung selanjutnya adalah memilih motor induk yang ada di katalog dengan minimal kapasitas daya sama atau diatas daya yang telah dihitung.

### 2.1.8. Perhitungan dan Pengecekan Stabilitas

Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semua setelah terkena gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dimanis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG, dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapatkan, maka dilakukan pengecekan dengan “*Intact Stability Code, IMO*”

Sebagaimana yang telah disebutkan sebelumnya, maka pengecekan perhitungan stabilitas menggunakan “*Intact Stability Code, IMO*” Regulasi A.749 (18), yang isinya adalah sebagai berikut:

Kriteria stabilitas untuk semua jenis kapal:

1.  $e_{0.30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $e_{0.30^\circ} \geq 0.055$  meter rad.

2.  $e_{0.40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $e_{0.40^\circ} \geq 0.09$  meter rad.

3.  $e_{30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$  meter.

4.  $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 meter pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.

5.  $h_{\max}$  pada  $\phi_{\max} \geq 25^\circ$

### 2.1.9. Perhitungan dan Pemeriksaan *Freeboard*

Untuk perhitungan *freeboard*, semua rumus yang diberikan mengacu pada *International Convention on Load Lines 1966, Protocol of 1988, Consolidated Edition 2005*. Hasil yang didapatkan adalah minimum tinggi minimum *freeboard* yang diijinkan sehingga kapal bisa berlayar dengan rute pelayaran internasional. Setelah perhitungan, akan dilakukan koreksi *freeboard*.

Setelah semua perhitungan *freeboard* beserta koreksinya, maka di cek dengan kondisi *freeboard* sebenarnya pada kapal yang dirancang. Adapun pembatasannya adalah *Actual freeboard*  $\geq$  *freeboard minimum*.

## **2.2. Tinjauan Pustaka**

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

### **2.2.1. Tugas Akhir Desain Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) untuk Daerah Pasca Bencana Alam**

Tugas Akhir dengan judul “Desain Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Untuk Daerah Pasca Bencana Alam” merupakan desain kapal pembangkit listrik yang diperuntukan untuk bencana alam. Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD). Untuk mendapatkan payload Kapal PLTD diperlukan data kebutuhan listrik daerah dari daerah yang rawan bencana dan menentukan homebase dari Kapal PLTD ini, agar waktu yang ditempuh untuk mencapai daerah pascabencana alam tidak terlalu lama, dan akses jaringan listrik untuk perbaikan daerah tersebut dapat segera menyala dan membantu perbaikan sarana prasana disana. Kapal tersebut memiliki ukuran utama, yaitu:  $L_{pp} = 52,8$  m,  $B = 14$  m,  $H = 6,5$  m,  $T = 4,227$  m.. Kapal tersebut berkapasitas 2,975 MW.

### **2.2.2. Tugas Akhir Desain *Desalination Production Vessel* (DPV) untuk Mengatasi Kekurangan Air Tawar di Madura**

Kondisi Pulau Madura yang dikelilingi oleh laut dapat dimanfaatkan sebagai akses baru penyediaan air di seluruh pulau Madura. *Payload* dari *Desalination Production Vessel* (DPV) didapatkan berdasarkan kekurangan air setiap harinya. Didapatkan kebutuhan air di Madura mencapai 40.000 m<sup>3</sup>, dengan mempertimbangkan sarat di sekitar pantai Pulau Madura maka didapatkan *payload* DPV sebesar 20.000 m<sup>3</sup> dengan jumlah 2 unit DPV dan produksi air tawar harian mencapai 40.000 m<sup>3</sup>. Selanjutnya dilakukan perhitungan teknis berupa perhitungan berat, trim, *freeboard*, dan stabilitas dan didapatkan ukuran utama kapal yang meliputi;  $L_{bp} = 112,5$  m;  $B = 26$  m;  $H = 11$  m;  $T = 9$  m. Tinggi *freeboard* minimum sebesar 2169,46 mm dengan tonnase kapal mencapai 10.807,43 GT. Kondisi stabilitas kapal dihitung dengan menggunakan kriteria stabilitas sesuai dengan jumlah *load case* dan didapatkan hasil yang



memenuhi kriteria. Analisis ekonomis yang dilakukan dengan membandingkan 3 jenis kondisi sehingga menghasilkan harga air tawar paling optimum adalah Rp. 7.500,00/m<sup>3</sup> dengan memperhitungkan *Total Capital Investment* (TCI) yang bernilai Rp.134.241.973.559,97,- dan *General Expenses* yang bernilai Rp.23.479.569.494,00,- untuk selanjutnya didapatkan nilai *Feasibility Investment* yang terdiri dari *Internal Rates of Return* (IRR) = 17,65%; *Net Present Value* (NPV)= Rp.41.598.492.770,66; PP= 9,20 tahun; dan *Breakeven Point* (BEP) pada tahun ke-9,20 dengan jumlah penjualan mencapai Rp.24.188.411.035,67. Sehingga dapat disimpulkan bahwa penggunaan DPV lebih layak dibandingkan 2 kondisi lainnya dengan jumlah produksi yang optimum untuk 2 unit DPV adalah 40.000 m<sup>3</sup>.

### **2.2.3. *Floating Diesel Power Station Project Guide***

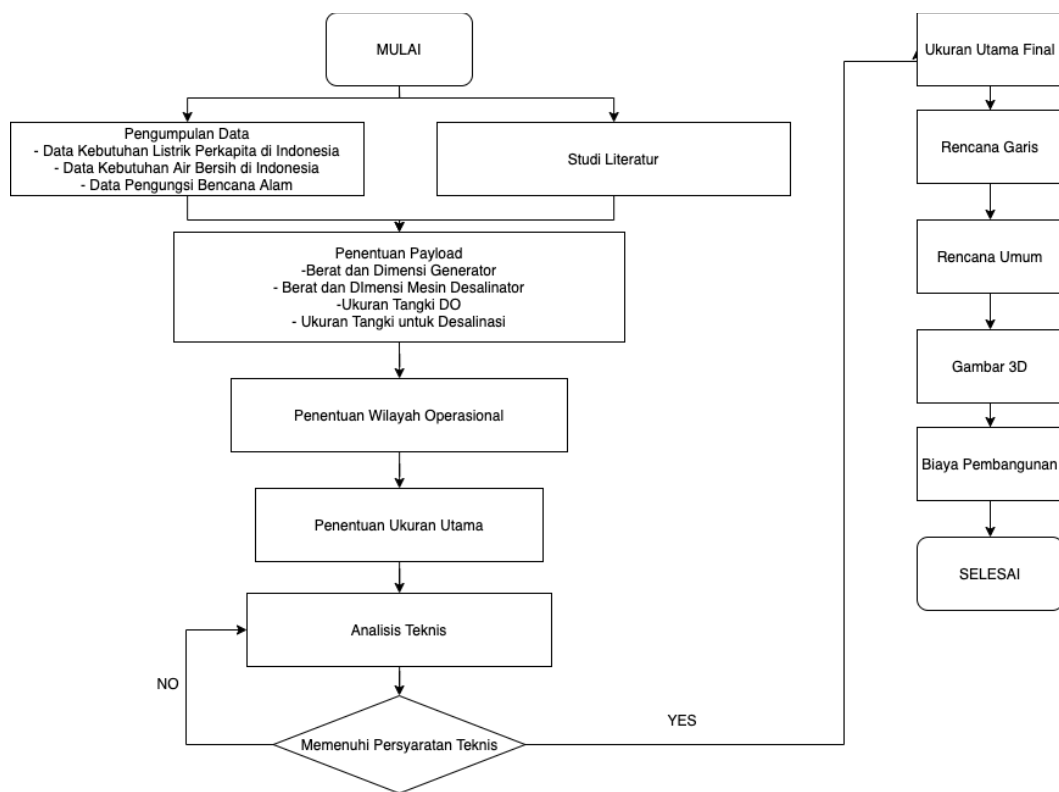
*Floating diesel powerplant project guide* milik MAN *Diesel and Turbo* dijadikan acuan untuk *layout* kapal pembangkit listrik dan desalinasi air laut ini. *Layout* yang dijadikan sebagai acuan adalah *72 MW Floating Diesel Power Station*.

Halaman ini sengaja dikosongkan

# BAB 3 METODOLOGI

## 3.1. Bagan Alir

Secara garis besar, diagram alir menggambarkan langkah-langkah yang akan dilakukan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Adapun diagram alir yang digunakan dalam mengerjakan Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar III.1.



Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

## 3.2. Tahapan Identifikasi Masalah dan Perumusan Masalah

Langkah awal dalam pengerjaan adalah dengan menentukan permasalahan yang sedang terjadi, yaitu sulitnya mengakses air bersih dan listrik pasca terjadinya bencana alam.

## 3.3. Tahapan Studi Literatur

Pada tahap ini dilakukan pembelajaran dan pengumpulan dari teori-teori yang berkaitan dengan Tugas Akhir ini. Materi yang menjadi pokok dalam studi literatur yaitu:

1. Pendekatan desain
2. Kapal pembangkit listrik
3. Kapal desalinasi air laut

### **3.4. Tahapan Pengumpulan Data**

Metode yang digunakan dalam proses pengumpulan data pada tugas akhir ini adalah metode pengumpulan data secara langsung dan pengumpulan data secara tidak langsung. Adapun beberapa data lain yang akan digunakan adalah dari penelitian sebelumnya.

#### **3.4.1. Data Kebutuhan Listrik dan Air Tawar Perkapita**

Data kebutuhan listrik dan air tawar perkapita di Indonesia dibutuhkan yang nantinya akan dikalikan dengan jumlah orang yang dapat dipenuhi kebutuhan listriknya oleh kapal ini, jumlah orang diacu dari rata rata jumlah korban / pengungsi dari bencana alam besar beberapa tahun terakhir.

#### **3.4.2. Data Jumlah Korban Bencana Alam Beberapa Tahun Terakhir**

Data jumlah korban / pengungsi dari bencana alam beberapa tahun terakhir yang nantinya akan dijadikan pengali dari jumlah kebutuhan listrik dan air tawar perkapita.

### **3.5. Tahapan Pengolahan Data**

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

1. Penentuan daerah pelayaran.
2. Penentuan *payload*,
3. Perhitungan yang sesuai dengan aspek teknis desain kapal seperti:
  - a. Rasio ukuran utama.
  - b. Koefisien utama kapal.
  - c. Hambatan kapal dan penentuan mesin.
  - d. Komponen peralatan dan perlengkapan
  - e. Menghitung berat dan titik berat
  - f. Menghitung LWT dan DWT.
  - g. Menghitung *displacement*.
  - h. Melakukan kalkulasi biaya pembangunan

- i. Menghitung tonase
- j. Menghitung lambung timbul.
- k. Menghitung stabilitas dan *trim*

### **3.6. Tahapan Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan Model 3D**

Setelah ukuran utama optimum didapat, selanjutnya dilakukan pembuatan Rencana Garis untuk memodelkan bentuk lambung kapal secara keseluruhan. Dalam pembuatan Rencana Garis dilakukan dengan bantuan *software* Maxsurf Student Version sebagai alat bantu dengan mengambil sampel desain yang sudah tersedia. Lalu di *export* ke AutoCAD untuk proses *finishing* dan untuk rencana umum dilakukan setelah Rencana Garis selesai.

### **3.7. Tahapan Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal**

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah estimasi biaya yang dibutuhkan untuk melakukan pembangunan Kapal Pembangkit Listrik dan Desalinasi Air Laut.

### **3.8. Kesimpulan dan Saran**

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

### **3.9. Lampiran**

Dalam penulisan Tugas Akhir ini, terdapat lampiran yang berupa hasil perhitungan maupun gambar dengan format A3. Lampiran tersebut termasuk ke dalam bagian dari Tugas Akhir yang dilampirkan sesuai dengan urutan pengerjaan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 4**

### **ANALISIS TEKNIS**

#### **4.1. Gambaran Umum**

Pada bab ini akan menjelaskan tentang analisis perhitungan teknis dari Kapal Pembangkit Listrik dan Desalinasi Air Laut yang terdiri dari perhitungan *area of requirement* kapal, perhitungan berat equipment kapal, analisis terhadap rasio dan koefisien bentuk kapal, analisis hambatan kapal, analisis kebutuhan daya penggerak kapal, analisis pemilihan mesin penggerak kapal, estimasi titik berat, kalkulasi lambung timbul, analisis stabilitas kapal, dan pemeriksaan kondisi trim.

#### **4.2. Penentuan Daerah Operasional, *Home Base* Kapal dan Rute Acuan Pelayaran**

Dilakukan perenentuan tinjauan lokasi pelayaran guna menentukan berapa jumlah kebutuhan dari consumable yang akan diperlukan dan tempat dimana kapal akan menetap agar dapat menjangkau wilayah bencana alam cepat dan efisien.

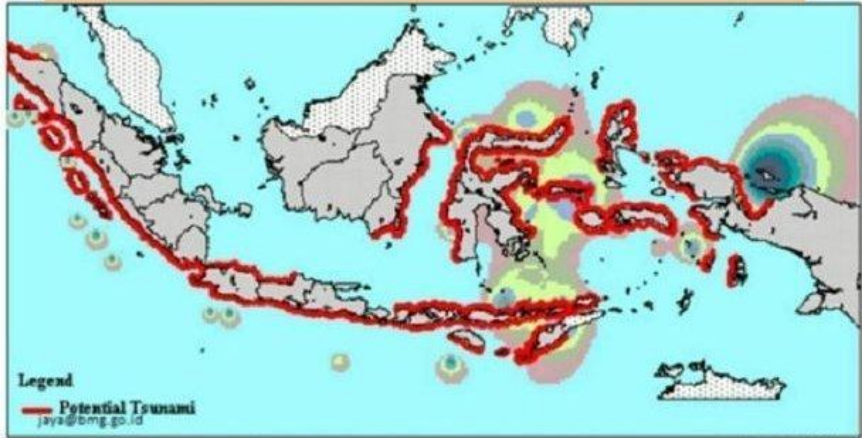
##### **4.2.1. Penentuan Daerah Operasional**

Wilayah Indonesia merupakan wilayah yang rawan terjadinya bencana alam, hal ini terjadi akibat pertemuan antara 3 lempeng tektonik aktif yaitu lempeng Indo – Australia, lempeng Eurasia, dan lempeng Pasifik.

Dari akibat adanya lempeng tektonik aktif tersebut, Indonesia merupakan wilayah negara yang sangat rawan akan terjadinya bencana alam, tsunami dan gempa bumi. Dapat dilihat pada Gambar 4.2. Terbentang panjang untuk wilayah pantai Selatan di Sumatera, Jawa, Bali, dan Nusa Tenggara. Lalu, di wilayah Sulawesi, Maluku, dan Papua Utara.

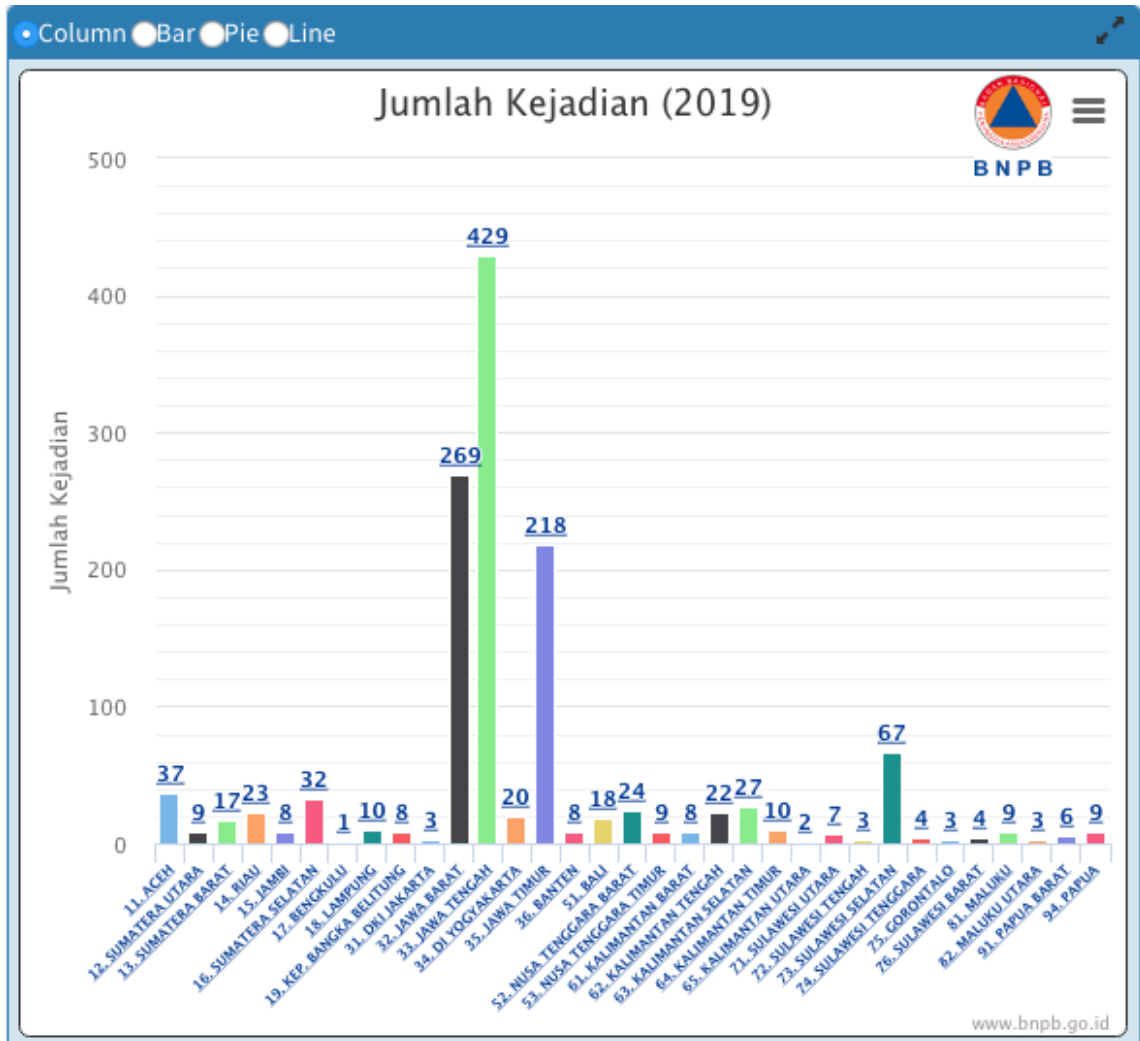


# THE TSUNAMI POTENTIAL MAP IN INDONESIA



The Potential Tsunami Map is made based on tsunami event which occurred

Gambar 4.2 Peta Potensi Tsunami



Gambar 4.1 Persebaran Bencana Alam Tahun 2019



Dari peta daerah potensi tsunami dan grafik persebaran bencana alam tiap propinsi diatas, disimpulkan bahwa wilayah yang cenderung sering terjadinya bencana alam yang berskala besar ada pada daerah Pulau Jawa dan Pulau Sulawesi. Maka dari itu daerah operasional kapal dibagi menjadi 2 daerah operasional yaitu:

1. Wilayah operasional barat : dalam hal ini kapal melayani wilayah Indonesia bagian barat dan sebagian Indonesia bagian tengah
2. Wilayah operasional timur : dalam hal ini kapal melayani wilayah Indonesia bagian timur dan sebagian wilayah Indonesia bagian tengah



Gambar 4.3 Peta Pembagian Wilayah Operasi Kapal

#### 4.2.2. Home Base Kapal

Terdapat 2 home base kapal yang diperuntukan untuk wilayah operasional bagian barat dan wilayah operasional bagian timur dapat dilihat pada Gambar 4.5.

##### 1. Home Base Wilayah Operasional Barat

Home Base Kapal wilayah operasional bagian barat terletak di Pelabuhan Tanjung Priuk, DKI Jakarta. Penentuan Lokasi Home Base Kapal untuk diletakkan dan bersandar di DKI Jakarta karena beberapa alasan.

- Lokasi Pelabuhan Tanjung Priuk yang terletak di tengah-tengah daerah potensi bencana alam, namun pelabuhan ini sendiri tidak terletak pada daerah yang rawan bencana alam.
- Tersedianya bahan untuk bunkering karena terletak di ibukota Indonesia

## 2. Home Base Wilayah Operasional Timur

Home Base Kapal wilayah operasional bagian timur terletak di Pelabuhan Murhum, Sulawesi Tenggara. Penentuan Lokasi Home Base Kapal untuk diletakkan dan bersandar di Kota Baubau karena beberapa alasan.

- Lokasi Pelabuhan Murhum yang terletak di tengah-tengah daerah potensi bencana alam, namun pelabuhan ini sendiri tidak terletak pada daerah yang rawan bencana alam.
- Lokasi dekat dengan pangkalan TNI AL
- Tersedianya bahan untuk bunkering karena terletak di ibukota Indonesia



Gambar 4.4 Home Base Kapal

### 4.2.3. Rute Acuan Pelayaran

Rute acuan diperlukan untuk menentukan kebutuhan bahan bakar, air tawar, dan keperluan consumable kapal lainnya. Rute acuan yang diambil dari setiap wilayah operasional adalah rute dari home base kapal sampai wilayah terjauh yang harus di jangkau kapal. Rute acuan yang diambil yaitu

#### 1. Rute Acuan Wilayah Operasional Barat

Rute asuan yang diambil untuk wilayah operasional bagian barat adalah rute Jakarta – Sabang yang merupakan rute terjauh dari wilayah operasional barat yaitu sejauh 1071.7 NM. Rute acuan dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.5 Acuan Rute Wilayah Bagian Barat

## 2. Rute Acuan Wilayah Operasional Timur

Rute asuan yang diambil untuk wilayah operasional bagian barat adalah rute Baubau–Merauke yang merupakan rute terjauh dari wilayah operasional timur sejauh 1162.2 NM. Rute acuan dapat dilihat pada Gambar 4.7.



Gambar 4.6 Acuan Rute Wilayah Bagian Timur

### 4.3. Analisis Perhitungan *Owner Requirement*

Kebutuhan ruang peralatan, berat peralatan, volume tangki, dan berat tangki menjadi fokus utama dalam mendesain kapal ini. Secara umum, seperti kebanyakan kapal, karakter dari kapal ini akan ditentukan dalam arahan dimana kapal mampu memenuhi luasan dek, berat, volume, ketahanan dan kebutuhan kecepatannya.

Setelah terkumpulnya data-data yang dibutuhkan dan ditunjang dengan proses pembelajaran pada literatur-literatur yang mendukung, kemudian dilakukan analisis dan

pengolahan data tersebut untuk kemudian diterjemahkan ke dalam bentuk *Design Statement*. *Design Statement* ini meliputi *Owner Requirement* dan batasan-batasan desain.

#### **4.4. Perhitungan *Payload* Kapal**

Perhitungan *payload* dilakukan dimana terdapat *payload* luasan untuk peletakan peralatan yang akan digunakan, berat dari peralatan yang akan digunakan, dan juga volume untuk tangki tangki yang di butuhkan untuk pembangkit listrik dan proses desalinasi air laut.

##### **4.4.1. Data Pengungsi Bencana Alam Besar Berberapa Tahun Terakhir di Indonesia**

Jumlah pengungsi berberapa bencana alam di Indonesia yang dianggap besar dijadikan acuan sebagai jumlah pengungsi yang nantinya akan dijadikan pengali dari kebutuhan listrik dan kebutuhan air tawar untuk dijadikan *payload* kapal.

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) merilis data terbaru jumlah warga yang masih mengungsi akibat dampak gempa Lombok. Data itu hasil pembaruan per 12 Agustus 2018 atau tujuh hari setelah gempa 7,0 SR mengguncang Nusa Tenggara Barat (NTB) dan sekitarnya. BNPB mengumumkan, data sementara mengenai jumlah pengungsi akibat gempa Lombok mencapai 387.067 orang. Mereka tersebar di ribuan titik pengungsian. (sumber: Tirto.id)

Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB) mengumumkan hingga 10 Oktober 2018 tercatat jumlah korban meninggal akibat gempa bumi serta tsunami di Palu dan Donggala, Sulawesi Tengah, menjadi 2.045 jiwa dengan pengungsi 82.775 orang.(sumber: mediaindonesia.com)

Kepala Pusat Data dan Informasi Badan Penanggulangan Bencana Aceh Heni Nurmayanti menyebutkan, ada 120 lokasi pengungsian di Pidie Jaya dengan total pengungsi sebanyak 82.122 jiwa. (sumber: regional.kompas.com)

Dari beberapa berita diatas didapat jumlah pengungsi dari beberapa bencana alam besar yang berbeda di Indonesia. Sebagai acuan diambil jumlah pengungsi dari bencana alam gempa di Lombok pada 12 agustus 2018. Jumlah pengungsi pada gempa Lombok mencapai 387.067 orang. Jumlah pengungsi pada gempa Lombok dijadikan acuan lalu di bagi menjadi dua kapal sehingga setiap kapal dapat memasok kebutuhan untuk 150000 orang dan setiap wilayah operasional dioperasikan 2 kapal sehingga dapat tetap memenuhi kebutuhan listrik dan air bersih menurut acuan jumlah korban bencana alam yaitu bencana gempa Lombok pada 12 agustus 2018.

#### 4.4.2. Menentukan Peralatan Dari Pembangkit Listrik dan Desalinasi Air Laut

Dilakukan penentuan mesin yang akan digunakan untuk keperluan pembangkit listrik dan desalinasi air laut guna untuk menentukan keperluan dari luasan yang diperlukan pada kapal.

Tabel 4.1 Spesifikasi Mesin Pembangkit Listrik

Pemilihan Engine Power Plant		
MAN 16v28/32s		
Daya	=	3456 KW
jumlah	=	5
Dimensi		
L	=	9,938 m
B	=	2,47 m
H	=	3,574 m
berat	=	62,2 ton
Bahan Bakar (HFO/Genset)		
SFOC	=	189,1 g/kWh
Daya Output	=	4501
Lama pemakaian	=	120 jam
lube oil		
LOC	=	0,8 g/kWh
Lama pemakaian	=	120 jam

Tabel 4.2 Spesifikasi Mesin Desalinasi

Pemilihan mesin desalinator			
RO Pro 8-400			
Output (L/H)	=	20000 (L/H)	
Input (L/H)	=	27000 (L/H)	
Membranes	=	Hydranaustic ESPA 1-8040	
No Membranes	=	15	
Pump Pressure (bar)	=	14,5	
Pump Power	=	15	
Dimensions			
L	=	5,9	m
W	=	1,1	m
H	=	1,711	m

#### 4.4.3. Penentuan Kebutuhan Listrik untuk Daerah Bencana di Indonesia

Kebutuhan listrik daerah pasca bencana alam ditentukan dari jumlah kebutuhan listrik perkapita di Indonesia dikalikan dengan rata rata jumlah pengungsi di beberapa bencana alam yang terjadi di Indonesia beberapa tahun terakhir, lalu dikalikan dengan perkiraan lama perbaikan sistem kelistrikan di darat.

Kebutuhan listrik perkapita di Indonesia didapat dari artikel yang di rilis pada situs dari kementerian ESDM diman dikutip ” Hingga semester I 2018, konsumsi listrik perkapita nasional baru mencapai sekitar 1.050 kWh perkapita”. (sumber : esdm.go.id).

Kebutuhan listrik perkapita dibagi dua belas dengan anggapan daya puncak pada 87,5 Wh perjamnya. Dari hasil perkalian kebutuhan listrik yang dapat dipasok oleh kapal, lalu dilakukan penentuan mesin generator dan jumlah generator yang dapat memenuhi kebutuhan listrik sesuai dari perhitungan sebelumnya. Jumlah pengungsi berberapa bencana alam yang dijadikan acuan dapat dilihat pada Sub bab 4.4.1. Rumus perhitungan dari kebutuhan listrik yang akan di suplai.

$$P_{Total} = P_{Perkapita} / 12 \cdot O$$

#### **4.4.4. Penentuan Luasan dan Berat Sistem Pembangkit Listrik dan Ukuran Tangki Bahan Bakar**

Setelah dilakukan penentuan mesin generator dan jumlah generator yang akan digunakan, didapat spesifikasi dan dimensi dari sistem generator yang akan digunakan, lalu didapat kebutuhan luasan dari sistem pembangkit listrik. Rumus perhitungan jumlah mesin yang digunakan adalah

$$X_{Generator} = P_{Total} / P_{Generator}$$

Kebutuhan volume tangki bahan bakar yang dibutuhkan dapat dihitung setelah menentukan mesin yang digunakan, konsumsi bahan bakar dapat diambil dari spesifikasi mesin yang nantinya akan dikalikan dengan lama dari perkiraan lama perbaikan sistem kelistrikan di darat yang dijadikan acuan untuk lama dari generator akan beroperasi untuk memasok kebutuhan listrik pasca bencana alam selama perbaikan sistem kelistrikan di darat. Perhitungan kebutuhan bahan bakar diesel ditentukan dengan rumus perhitungan

$$B_{FDO} = X_{Generator} \cdot F_c \cdot D_{Supply} \cdot 24$$

Setelah dilakukan perhitungan kebutuhan jumlah mesin dan kebutuhan bahan bakar, dilakukan perhitungan berat dari *payload* kapal dengan rumus

$$B_{PPTotal} = (X_{Generator} \cdot B_{Generator}) + B_{FDO} + B_{GO}$$

Perhitungan penentuan jumlah kebutuhan listrik dan penentuan kapasitas mesin yang digunakan dapat dilihat pada Tabel

Tabel 4.3 Perhitungan Payload Pembangkit Listrik

kebutuhan listrik/hari (KWh)	kebutuhan listrik/jam KWh	jumlah orang	kebutuhan listrik total/jam (kWh)	kapasitas per kapal
1,064	0,088666667	150000	13300	13300
daya mesin KW	daya mesin KVA	jumlah mesin	berat mesin (ton)	daya total kapal
3456	2764,8	5	62,2	13824
berat total mesin	lama supply L (hari)	konsumsi genset (g/kwh	kebutuhan FDO (liter)	massa jenis FDO
311	14	189,1	1291682,033	0,85
Berat FDO (ton)	berat total genset (ton)	Kebutuhan FDO (m3)		
1097,929728	1677,629728	1291,682033		

Tabel 4.4 Keperluan Pembangkit Listrik

Komponen	Jumlah	Berat (ton)	Berat Total (Ton)
Main Diesel Generator	5	62,2	311
Starting + Auxiliaries	5	7	35
Air Intake System	5	10	50
Exhaust System	5	10	50
Engine Module	5	5	25
D.O Pressure Booster	5	5	25
Cooling + Lube Oil Pump	5	5	25
Ventilation	5	1,5	7,5
Gardu Induk + Outfitting	1	1,2	1,2
exhaust structure	5	10	50
			268,7

#### 4.4.5. Penentuan Kebutuhan Air Tawar untuk Daerah Bencana di Indonesia

Kebutuhan air tawar daerah pasca bencana alam ditentukan dari jumlah kebutuhan air setiap orang perhari dikalikan dengan rata rata jumlah pengungsi di beberapa bencana alam yang terjadi di Indonesia beberapa tahun terakhir, lalu dikalikan dengan perkiraan lama perbaikan sistem distribusi air tawar di darat.

Kebutuhan air tawar perhari di didapat dari jurnal yang di rilis oleh *World Health Organization* "between 50 and 100 litres of water per person per day are needed to ensure that most basic needs are met and few health concerns arise". (sumber : un.org)

Dari hasil perkalian kebutuhan kebutuhan air tawar yang dapat dipasok oleh kapal, lalu dilakukan penentuan mesin desalinator dan jumlah mesin desalinator agar dapat memenuhi kebutuhan air tawar sesuai dari perhitungan sebelumnya. Jumlah pengungsi beberapa bencana alam yang dijadikan acuan dapat dilihat pada sub bab 4.1.1. Kebutuhan air bersih perhari dihitung dengan rumus.

$$B_{\text{TotalDesalination}} = W_{\text{perhari}} \cdot O$$

#### 4.4.6. Penentuan Ukuran dan Berat Mesin Desalinasi Air Laut dan Volume Tangki yang Digunakan

Setelah dilakukan penentuan mesin desalinasi RO dan jumlah mesin RO yang akan digunakan, didapat spesifikasi dan dimensi dari mesin RO yang akan digunakan, lalu didapat kebutuhan luasan dari sistem desalinasi air laut RO. Perhitungan jumlah mesin desalinasi air laut ditentukan dengan perhitungan

$$X_{\text{Desalinator}} = (B_{\text{TotalDesalination}} / B_{\text{ReverseOsmosis}}).24$$

Terdapat 3 jenis tangki yang akan digunakan pada sistem ini yaitu tangki pretreatment air laut, tangki air tawar, dan tangki *braine water* (air yang mengandung tinggi garam sisa desalinasi). Kebutuhan volume tangki dari air tawar diambil 10% dari kebutuhan air tawar perhari.

Perhitungan penentuan jumlah kebutuhan air tawar dan penentuan kapasitas mesin desalinasi air tawar RO yang digunakan dapat dilihat pada Tabel.

Tabel 4.5 Perhitungan Payload Desalinasi Air Laut

Payload Air	keburuhan air L/hari	jumlah orang	kebutuhan total A L/hari
		46	150000
			690000
Volume tangki air (m3)	volume tangki air (L)	berat air tawar (ton)	daya mesin liter/hari
690	690000	690	480000
jumlah mesin	berat mesin (ton)	total berat mesin	berat total desalinasi (ton)
15	5,7	85,5	1251,452

Tabel 4.6 Keperluan Mesin Desalinasi

main equipment	jumlah	panjang	lebar	tinggi	berat	berat total
pretreatment tank	1	4,5	18	4	332,424	332,424
brine water tank	2	4	4	4	65,664	131,328
intake pump	2	1,5	0,4	0,55	1,42	2,84
hpp pump	3	1,5	0,4	0,55	1,42	4,26
Brine Water pump	1	2,27	0,56	1	1,98	1,98
outake pump	2	1,1	0,7	0,74	1,56	3,12
					404,468	475,952

#### 4.5. Analisis Hasil Perhitungan Teknis

Pada sub bab ini akan dijelaskan mengenai proses perhitungan dan analisis teknis yang digunakan dalam membuat desain dari kapal ini. Perhitungan meliputi penentuan *payload*, ukuran utama kapal, koefisien kapal, hambatan dan permesinan kapal. Selain itu juga dilakukan perhitungan dan pemeriksaan terhadap lambung timbul kapal, tonase kapal, dan stabilitas kapal.



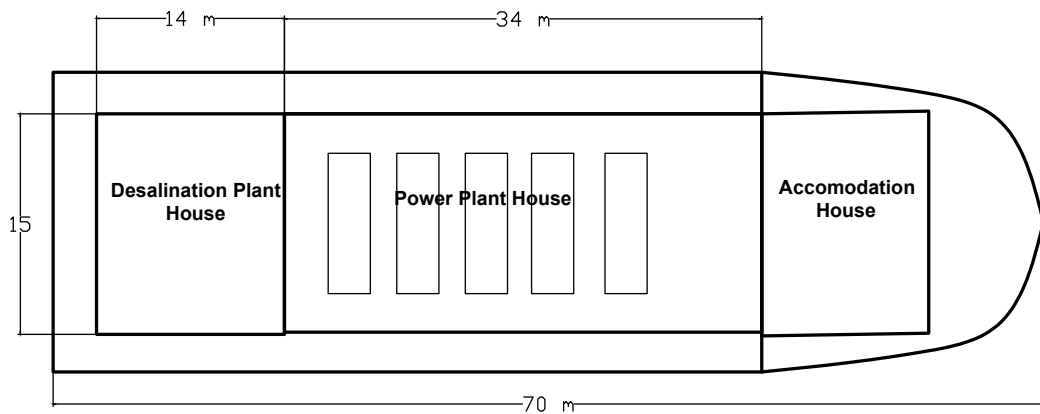
Selain itu juga akan dilakukan perencanaan desain Rencana Garis (*Lines Plan*) dan Rencana Umum (*General Arrangement*).

#### 4.5.1. Menghitung Berat Payload Kapal

Perhitungan *payload* dilakukan dimana terdapat *payload* luasan untuk peletakan peralatan yang akan digunakan, berat dari peralatan yang akan digunakan, dan juga volume untuk tangki tangki yang di butuhkan untuk pembangkit listrik dan proses desalinasi air laut yang dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan Tabel 4.5. Kebutuhan *payload* luasan kapal dilakukan dengan membuat *layout* awal kapal sehingga didapatkan kebutuhan luasan dari *deck* kapal.

#### 4.5.2. Membuat *layout* awal

Untuk menentukan dimensi utama dari kapal, langkah utama yang dilakukan adalah menggambarkan *layout* awal kapal, pembuatan *layout* ini berdasarkan kapal referensi dari Kapal Karpowership *Seal Class* dan juga Floating Powerplant MAN. *Layout* awal digambar disesuaikan dengan kebutuhan luas dari peralatan pembangkit listrik dan desalinasi air laut dan juga keperluan tangki-tangki yang diperlukan untuk pembangkit listrik dan mesin desalinasi air laut. *Layout* awal kapal dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.7 *Layout* Awal Kapal

#### 4.5.3. Menentukan *Parent Ship*

Penentuan *parent ship* dilakukan untuk mendapatkan acuan untuk ukuran utama awal kapal. Kapal yang dijadikan acuan ukuran utama adalah *Karadeniz Powership Nezih Bey* yang merupakan kapal pembangkit listrik milik KARPOWERSHIP INDONESIA 3 DMCC, kapal . *Karadeniz Powership Nezih Bey* merupakan kapal pembangkit listrik kategori *seal class*

menurut penggolongan *power ship* yang di keluarkan oleh Karpowership. Kapal tersebut diambil sebagai acuan karena memiliki ukuran utama kapal yaitu LPP = 76,2 m, *breadth* = 21,8 m, *depth* = 7,6 m, dan draught = 6,27 m. Ukuran utama kapal tersebut yang mendekati kebutuhan luasan yang didapat dari *layout* awal kapal pada sub bab 4.5.3.



Gambar 4.8 *Karadeniz Powership Nezih Bey*

#### 4.5.4. Rasio Dimensi Kapal

Ukuran utama kapal diperoleh dari hasil estimasi *area main deck* sebagai batasan ukuran terkecil kapal Langkah selanjutnya ialah menggunakan *ratio of main dimensions* untuk mendapatkan ukuran kapal sesungguhnya. Pengecekan *ratio of main dimension* ini meliputi:

Tabel 4.7 Rasio Ukuran Utama

Pemeriksaan Perbandingan Ukuran Utama			
<b>L/B</b>	=	3,52	→ 3.5 < L/B < 10
<b>L/T</b>	=	17,44	→ 10 < L/T < 30
<b>B/T</b>	=	4,95	→ 1.8 < B/T < 5
<b>L/16</b>	=	4,69	→ H > L/16
<b>T/H</b>	=	0,79	→ 0.7 < T/H < 0.8

#### 4.5.5. Koefisien-Koefisien Bentuk Kapal

Perhitungan koefisien utama kapal dilakukan dengan menggunakan nilai Froude yang didapatkan dari ukuran utama yang telah ditentukan sebelumnya. Koefisien utama yang akan dihitung meliputi :

1. *Block Coefficient* ( $C_b$ )

Secara teknis, *Block Coefficient* ( $C_b$ ) dapat diartikan sebagai “perbandingan volume suatu bentuk kapal dengan suatu volume balok yang mempunyai Panjang ( $L_{pp}$ ), Lebar ( $B$ ) dan Tinggi ( $H$ )” (Lewis, n.d, 1988). Adapun rumus yang digunakan untuk menentukan  $C_b$  yang disesuaikan dengan buku *Parametric Design* dan PNA adalah:

$$C_b = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6Fn^3 \dots\dots\dots[1] \text{ [Parson, 2001, Parametric Design Chapter 11, hal. 11]}$$

$$Froud\ Number\ (Fn) = Vs/\sqrt{g \cdot L} \dots\dots\dots[2] \text{ [Lewis, 1988, Principle of Naval Architecture Vol.II, hal. 5]}$$

Adapun perhitungan  $C_b$  dari kapal dapat dilihat pada Lampiran C.

2. *Midship Coefficient* ( $C_m$ )

*Midship Coefficient* ( $C_m$ ) dapat diartikan sebagai “perbandingan antara luas penampang bidang tengah kapal dengan luas suatu penampang persegi yang mempunyai lebar ( $B$ ) dan sarat ( $T$ )” (Parson, 2001). Adapun rumus yang diguakan untuk menentukan  $C_m$  meliputi:

$$C_m = 0.977 + 0.085(C_b - 0.6) \dots\dots\dots[3] \text{ [Parson, 2001, Parametric Design Chapter 11, hal. 12]}$$

3. *Waterplane Coefficient* ( $C_{wp}$ )

*Waterplane Coefficient* ( $C_{wp}$ ) merupakan koefisien dari garis air yang dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$C_{wp} = 0.18 + 0.86 C_p \dots\dots\dots[4] \text{ [Parson, 2001, Parametric Design Chapter 11, hal. 16]}$$

4. *Longitudinal Center of Buoyancy* (LCB)

Merupakan titik tekan atau titik berat ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh badan kapal yang terbenam dalam air. Jika bagian belakang lebih gemuk , maka letak B

di bawah. Bila diukur dari bagian midship, maka jarak titik B diukur dari dasar kapal (KB).

$$LCB = -13.5 + 19.4 C_p \text{ (dalam \%)} \dots\dots\dots[5] \text{ [Parson, 2001, Parametric Design Chapter 11, hal. 19]}$$

5. *Prismatic Coefficient (Cp)*

Cp adalah perbandingan antara volume dengan volume prisma yang mempunyai luas penampang tengah kapal MSA dan panjang LPP.

$$C_p = \frac{C_b}{C_m} \dots\dots\dots[6] \text{ cm}$$

[Parson, 2001, *Parametric Design Chapter 11, hal. 13*]

6. *Volume Displacement (∇)*

Displacement moulded adalah berat air yang dipindahkan oleh jumlah volume dari badan kapal yang tercelup didalam air (kapal tanpa kulit).

$$\nabla = L \cdot B \cdot T \cdot C_b \dots\dots\dots[7]$$

7. *Displacement (Δ)*

*Displacement* adalah berat air yang dipindahkan oleh volume badan kapal yang tercelup dalam air. *Displacement* kapal dapat diperoleh dari prinsip hukum *Archimedes* dengan mengalikan *volume* badan kapal yang tercelup air dengan massa jenis air.

$$\Delta = \nabla \times 1.025 \dots\dots\dots[8]$$

Perhitungan teknis seperti koefisien dan ukuran utama lainnya juga didapatkan dari hidrostatik kapal dari software Maxsurf Modeller.

Tabel 4.8 Koefisien Lambung Kapal

C <sub>B</sub>	0,769
C <sub>M</sub>	0,991
C <sub>P</sub>	0,777
C <sub>WP</sub>	0,897

#### 4.5.6. Analisis Hambatan Kapal

Langkah awal yang dilakukan dalam perhitungan daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal ialah menentukan beberapa nilai yang diperlukan untuk perhitungan.

Nilai perhitungan awal dan nilai hambatan total (Rt) sebesar 114,1 Kn dapat digunakan untuk perhitungan power yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal. Berikut pada Tabel 5.8 ialah hasil dari perhitungan power untuk Kapal ini.

Dalam pemilihan mesin induk, daya dari mesin yang terdapat pada katalog harus lebih besar dari nilai MCR yang telah dihitung. Mesin induk yang direncanakan berjumlah dua, sehingga mesin induk yang dipilih sebagai penggerak kapal adalah sebagai berikut.

Tabel 4.9 Tabel Hambatan Kapal

Input power		
EHP	752,6047	KW
THP	724,6456	KW
DHP	1344,426	KW
SHP	1371,863	KW
BHP	1399,86	KW
MCR	1609,839	KW
Gen set	386,3615	KW

#### 4.5.7. Analisis Kebutuhan Daya Mesin Induk Kapal

Proses pemilihan mesin induk dilakukan dengan mempertimbangkan berat mesin, daya mesin, serta harga dan konsumsi daya listrik. Dari katalog yang sudah dikumpulkan penulis, didapatkan mesin kapal beserta spesifikasinya. Tabel 5.9 di bawah ini merupakan spesifikasi mesin yang dipilih untuk kapal ini. Dari katalog MAN Engine, didapatkan mesin yang digunakan adalah tipe MANL23/30A dan dibutuhkan dua buah mesin ini dengan masing-masing kapasitas daya mesin sebesar 960 kW. Jumlah ini mencukupi kebutuhan propulsi kapal.

Tabel 4.10 Spesifikasi Mesin Induk

Penentuan Mesin Genset			
MAN 16v28/32s			
Daya	=	3456	KW
jumlah	=	5	
Dimensi			
L	=	9,938	m
B	=	2,47	m
H	=	3,574	m

Penentuan Mesin Genset			
berat	=	62,2	ton
Bahan Bakar (HFO/Genset)			
SFOC	=	189,1	g/kWh
Daya Output	=	4501	
Lama pemakaian	=	120	jam
Lube Oil			
LOC	=	0,8	g/kWh
Lama pemakaian	=	120	jam

Tabel 4.11 Spesifikasi Generator

Penentuan Mesin Desalinator			
RO PRO 8-400			
Output (L/H)	=	20000	(L/H)
Input (L/H)	=	27000	(L/H)
Membranes	=	Hydranaustic ESPA 1-8040	
No Membranes	=	15	
Pump Pressure (bar)	=	14,5	
Pump Power	=	15	
Dimensions			
L	=	5,9	m
W	=	1,1	m
H	=	1,711	m

#### 4.5.8. Analisis Perhitungan Berat

Berat kapal terdiri dari 2 komponen penyusun yaitu *Deadweight* (DWT) dan *Lightweight* (LWT). Dari perhitungan berat kapal yang telah dilakukan, didapatkan margin berat kapal yang merupakan perbandingan dari selisih total berat kapal dan *displacement kapal* per *displacement kapal* bernilai 4%. Margin berat tersebut diizinkan sesuai dengan batas maksimum margin berat kapal yang bernilai 2%-10%. Adapun rekapitulasi dari pengecekan berat dan *displacement kapal* dapat dilihat pada Tabel 4.12.

Tabel 4.12 Perhitungan Berat Baja

LWT (Light Weight Tonnage)			
●Steel Weight			
W <sub>st</sub>	=	1388,465	ton
●Equipment and Outfitting Weight			
W <sub>E&amp;O</sub>	=	447,300	ton
●Machinery Weight			
W <sub>M</sub>	=	104,758	ton

LWT (Light Weight Tonnage)		
●Powerplant		
$W_M$	=	579,700 ton
●Desalination		
$W_M$	=	97,700 ton
DWT(Dead Weight Tonnage)		
●Consumable Weight		
$W_{cons}$	=	421,030 ton
●Payload (DO)		
Powerplant		
$W_{payload}$	=	1098 ton
Desalination (Water)		
$W_{payload}$	=	1154 ton
●Crew Weight		
$W_{crew}$	=	3,910 ton
Disp.	=	5608 ton
LWT	=	$W_{st}+W_{E\&O}+W_M$
	=	2617,923 ton
DWT	=	$W_{Cons}+W_{crew}+Payload$
	=	2676,622 ton
LWT+DWT	=	5294,545 ton

Tabel 4.13 Koreksi Displacement

Selisih Displacement dengan (LWT+DWT)	=	313,455 ton
Margin	=	5,94 %
Margin	OK	

#### 4.5.9. Analisis *Freeboard*

Untuk perhitungan *freeboard*, *Diesel Power Plant Ship* merupakan kapal dengan panjang lebih dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul menggunakan ketentuan International Convention on Load Lines (ICLL) 1966. (ICLL) International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27 menyebutkan bahwa: Kapal Tipe A adalah:

- Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka.
- Kapal yang memiliki tingkat permeabilitas rendah pada ruang muat

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal ini termasuk kapal Tipe B.

Pada Tabel di bawah ini dapat dilihat nilai lambung timbul dari kapal ini.

Tabel 4.14 *Freeboard*

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang Disyaratkan	0,877	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1,17	m
Kondisi	<b>Diterima</b>	

#### 4.5.10. Analisis Stabilitas dan Trim Kapal

Stabilitas merupakan salah satu persyaratan yang harus dipenuhi pada proses desain kapal. Dalam desain ini analisis stabilitas menggunakan bantuan software “Maxsurf Stability Student Version”. Kapal memiliki heel sebesar Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal jenis kapal kargo dan kapal penumpang yang mengacu pada Intact Stability (IS) Code - Chapter 3. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut:

- Luas area dibawah kurva lengan pengembali (GZ curve) antara sudut  $0^{\circ} - 30^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0.055 m radians, untuk sudut  $40^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0.09 m radians, dan untuk sudut diantara  $30^{\circ} - 40^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0.03 m radians.
- b. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (GZ curve) dan HTL tidak boleh kurang dari 0.20 m.deg pada sudut  $30^{\circ}$ .
- Lengan GZ maksimum terjadi pada kondisi heel dengan sudut tidak lebih dari  $30^{\circ}$  dan tidak kurang dari  $25^{\circ}$ .
- d. Tinggi awal titik metasentrik (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 m.

Model yang telah dibuat di “Maxsurf Modeler Student Version” disimpan dan dibuka menggunakan program “Maxsurf Stability Student Version”. Setelah model dibuka, selanjutnya proses perhitungan stabilitas dan trim dapat dilakukan.

Dalam proses desain dilakukan peletakan layout mesin pembangkit listrik yang mengacu pada ‘MAN Floating Power Plant’ dan jurnal teknik “Design of 100 MW LNG Floating Barge Power Plant” yang menyebabkan kapal memiliki distribusi berat kapal bagian portside dan starboard yang berbeda sehingga diberikan *fixed ballast* untuk menjadikan *heel* pada kapal 0.

Dalam analisis perhitungan stabilitas ini digunakan beberapa kriteria kondisi pemuatan (*Loadcase*) untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada masing-



masing kondisi. *Loadcase* yang akan diperiksa berkaitan dengan DWT, seperti isi tangki, jumlah crew and provisions, dll. Perhitungan stabilitas ini dilakukan dengan mengecek *loadcase* seperti pada Tabel

Tabel 4.15 *Loadcase*

	Rute		Consumable	DO	PT	FWD	BT
1	Home Base - Bencana	Berangkat	100	100	0	0	0
2		Tengah jalan	75	100	0	0	0
3		Sampai	50	100	0	0	0
4	Bencana (Water Tank 100%)	Anchor	50	100	100	100	100
5		Anchor	50	50	100	100	100
6		Anchor	50	0	100	100	100
7	Bencana (Water Tank 50%)	Anchor	50	100	50	50	50
8		Anchor	50	50	50	50	50
9		Anchor	50	0	50	50	50
10	Bencana - Home base	Berangkat	50	10	0	0	0
11		Tengah jalan	25	10	0	0	0
12		Sampai	10	10	0	0	0

Setelah dilakukan penentuan dari *loadcase*, dilakukan pengecekan *trim* dengan aplikasi “Maxsurf Stability Student Version”. Hasil pengecekan trim dapat dilihat pada Tabel 4.16.

Tabel 4.16 Trim Kapal

Trim	
0,068 m	Trim by Stern
0,019 m	Trim by Stern
0,105 m	Trim by Stern
0,049 m	Trim by Stern
0,064 m	Trim by Stern
0,013 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern
0 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern
0,017 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern

Setelah melakukan pengecekan *trim*, dilakukan pengecekan stabilitas menggunakan aplikasi *maxsurf stability advance* sesuai dengan *criteria* yang sudah ditentukan. Hasil pengecekan stabilitas dapat dilihat pada Tabel 4.17..

Tabel 4.17 Stabilitas Kapal

No	Criteria	3.1.2.1	3.1.2.1	3.1.2.1	3.1.2.2	3.1.2.3	3.1.2.4
		Area 0 to 30	Area 0 to 40	Area 30 to 40	Max GZ at 30	Angle Max GZ	Initial GMT
		Value	Value	Value	Value	Value	Value
	Units	Units	Units	Units	Units	Units	Units
1	LC 1	53,1205	85,8026	32,6821	3,561	56,4	7,726
2	LC 2	53,0294	85,7873	32,7578	3,585	56,4	7,716
3	LC 3	57,2179	91,7767	34,5588	3,74	57,3	8,287
4	LC 4	52,0836	84,6348	32,5512	3,592	56,4	7,583
5	LC 5	51,8757	83,6615	31,7859	3,433	55,5	7,564
6	LC 6	53,4178	85,7577	32,3399	3,47	56,4	7,783
7	LC 7	51,9623	82,9487	30,9865	3,255	54,5	7,599
8	LC 8	52,4826	82,6057	30,1231	3,071	41,8	7,72
9	LC 9	54,4311	85,432	31,001	3,157	41,8	8,008
10	LC 10	59,3126	94,0439	34,7313	3,656	56,4	8,633
11	LC 11	57,8701	90,9334	33,0634	3,384	43,6	8,5
12	LC 12	58,1408	91,1189	32,978	3,363	42,7	8,562
		Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

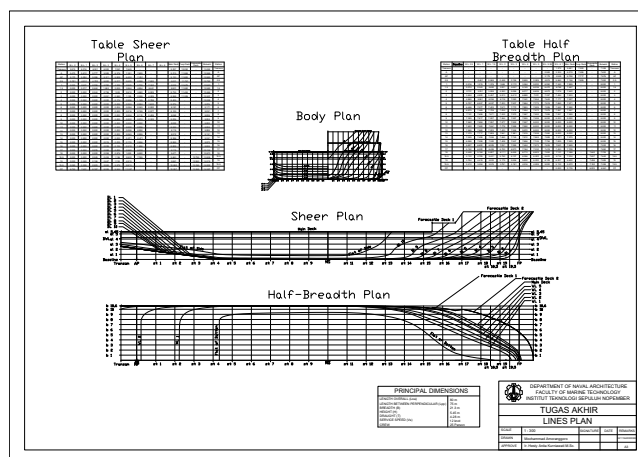
#### 4.6. Pembuatan Rencana Garis

Dalam pembuatannya diawali dengan pembuatan model 3D pada software “Maxsurf Modeller Student Version”. Lambung kapal yang memiliki karakteristik yang sama dengan perhitungan koefisien pada Sub Bab 4.5.5. Rencana garis air menunjukkan interseksi permukaan lambung kapal dengan bidang yang sejajar bidang dasar / *baseplane* horizontal, bidang dasar / *baseplane* adalah bidang horizontal yang melalui garis dasar / *baseline*. Interseksi dengan bidang-bidang tersebut akan menghasilkan Rencana garis air / *Waterlines plan*. *Body plan* menunjukkan bentuk dari *station/section* yang merupakan interseksi antara permukaan lambung kapal dengan bidang yang tegak lurus dengan bidang tegak / *buttockplane* dan bidang garis air / *waterline plane*. Pada umumnya penggambaran *body plan* dibagi 2 sisi kiri dan sisi kanan, sisi kiri untuk setengah bagian belakang dan sisi kanan untuk setengah bagian depan.

Berikut adalah langkah-langkah pengerjaan rencana garis dengan gambar rencana garis terlampir.

1. Buka referensi *sample design* yang sudah ditentukan.
2. Ukuran untuk *surface* sesuai ukuran utama (LoA dan B) hasil perkiraan *layout*, dengan H mengambil asumsi dari *Parent Ship*.
3. Dilakukan penyesuaian titik AP, FP, dan juga ketinggian sarat kapal menggunakan perintah “*frame of reference*”. Masukkan nilai sarat (T) hasil perhitungan regresi ke dalam model melalui menu *data -> frame of reference*.

4. Setelah tanda sarat muncul pada model, maka koefisien-koefisien hidrostatik ( $Lwl$ ,  $CB$ ,  $CM$ ,  $CP$ ,  $CWP$  dan  $LCB$ ) akan muncul.
5. Langkah berikutnya adalah perencanaan jarak *station*, *water line*, dan *buttock line*. Dalam proses ini digunakan perintah *grid spacing* di mana jarak-jarak yang ditentukan sebagai berikut:
  - Dengan panjang 75 m, kapal dibagi ke dalam 21 *station* dengan jarak 2,51 m.
  - Dengan tinggi 5,45 m, kapal dibagi ke dalam 8 *water lines*.
  - Dengan lebar setengah kapal 21,3 m, kapal dibagi ke dalam 11 *buttock lines*.
6. Melakukan setting *control point* untuk merubah bentuk kapal dibawah garis air. Pada langkah tersebut, control point yang dipindahkan akan memberikan nilai hidrostatik pada kapal. *Control point* dipindahkan sehingga menghasilkan nilai hidrostatik yang sesuai. Untuk mengetahui nilai hidrostatik dari kapal yang telah didesain, perintah yang dapat digunakan adalah *calculate hydrostatic*. Sehingga nilai-nilai koefisien di atas pada model sama nilainya atau mendekati nilai yang terdapat pada perhitungan dengan margin tertentu (nilai margin  $\pm 0,5\%$ )
7. Pada saat membentuk haluan dan buritan mengikuti kaidah yang sering digunakan serta panjang dari AP hingga FP menyesuaikan kelipatan jarak gading yang umum digunakan (0,6 m)
8. Untuk membentuk bangunan atas pada model dilakukan dengan *layout* awal sebagai acuan ukuran dari ruangan bangunan atas.

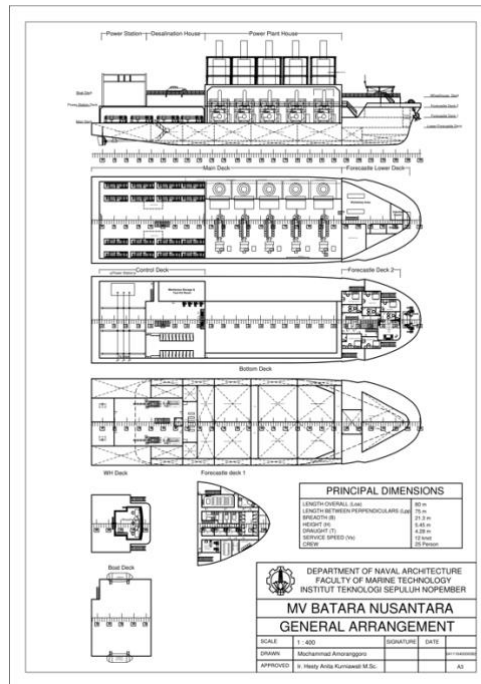


Gambar 4.9 *Linesplan*

#### 4.7. Pembuatan Rencana Umum

Berikut langkah atau tahapan yang dilakukan dalam mendesain rencana umum. Untuk gambar rencana umum terlampir.

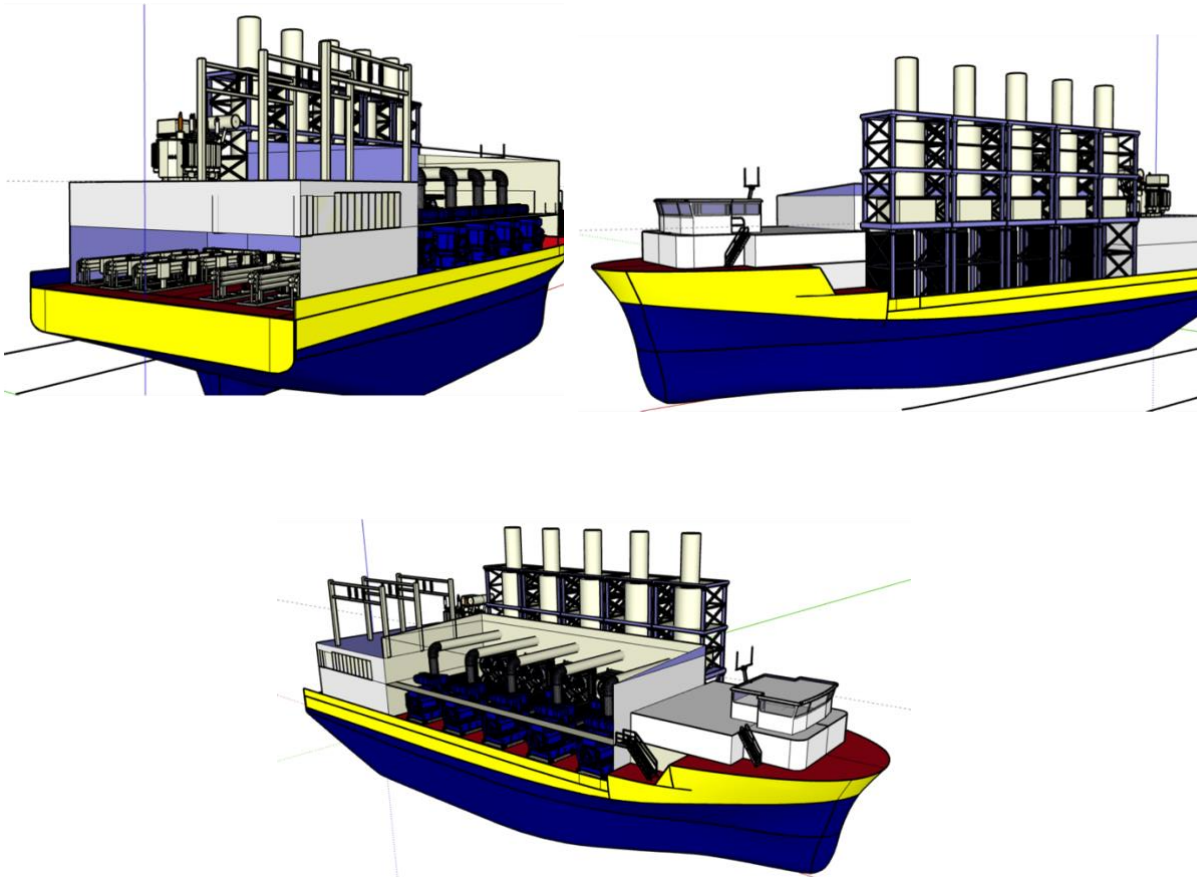
1. Langkah awal adalah menentukan jarak gading. Pada kapal ini jarak gading yang direncanakan adalah 600 mm.
3. Langkah peletakkan komponen ruangan mempertimbangkan:
  - a. Mencari referensi GA kapal dengan jenis yang sama serta ukurannya mendekati kapal yang didesain.
  - b. Untuk layout powerplant beserta electrical house mengambil referensi dari kapal MAN serta GA kapal Karadeniz Powership Nezh Bey Yang ditambahkan dengan sistem desalinasi air laut yang layoutnya mengacu dari kapal Tugas Akhir mengenai DPV (*Desalination Production Vessel*)
  - c. Untuk ruangan di atas *maindeck*;
    - Membuat daftar ruangan-ruangan pada setiap deck. Jumlah crew pada tiap deck menjadi bahan pertimbangan. Misalnya pada ruang istirahat crew dan ruang meeting.
    - Melakukan peletakan ruangan dengan memperhatikan ketersediaan akses keluar masuk yang cukup pada tiap ruangan. (ketersediaan space untuk pintu).
    - Disediakan juga CO2 room untuk firefighting.
    - Disediakan pula akses keluar darurat pada tiap deck.
  - d. Untuk ruangan di bawah *maindeck*;
    - Petelakkan komponen tidak menyebabkan trim berlebihan, serta tidak mengganggu stabilitas.
    - Ketersediaan akses menuju suatu lokasi.
    - Penentuan letak tangki, dilakukan dengan melakukan pengecekan terhadap trim dan stabilitas (persyaratan). Tangki diusahakan untuk diletakkan di bawah tank top agar menurunkan titik beratnya, selain itu juga harus tersedia manhole sebagai sarana / akses untuk survey.
  - e. Selanjutnya dilakukan redraw ruangan di kapal tsb untuk dipindahkan ke layout kapal yang Peneliti desain, yang sudah disesuaikan dengan pembagian jumlah crew tiap deck serta space deckhouse atas yg tersedia.



Gambar 4.10 *General Arrangement*

#### 4.8. Pemodelan 3D

Setelah selesai membuat *General Arrangement* (Rencana Umum), langkah selanjutnya adalah membuat desain 3D untuk mengetahui bentuk kapal dalam 3 dimensi. Pembuatan desain 3D menggunakan *software* “Rinoceros 5 Trial Version” dan “Sketchup 2019 trial edition”. Pada tahap awal pemodelan 3D, hasil permodelan menggunakan bantuan *software* “Maxsurf Modeler Student Version” yang sudah dilakukan seperti pada Sub Bab diexport ke dalam bentuk file .3dm agar kemudian dapat dikerjakan di *software* Rhinoceros dan Sketchup untuk memudahkan pemodelan. Untuk gambar 3D modeling terlampir.



Gambar 4.11 3D Kapal Pembangkit Listrik dan Desalinasi Air Laut

#### 4.9. Biaya Pembangunan Kapal

Biaya pembangunan kapal diperlukan guna mengetahui biaya untuk membangun dari kapal pembangkit listrik dan desalinasi air laut ini. Perhitungan biaya pembangunan kapal ini menggunakan perhitungan Ventura (n.d.), merangkum beberapa rumus estimasi yang dapat digunakan untuk mendapatkan harga konstruksi, outfitting, dan permesinan kapal dengan cepat. Beberapa rumus tersebut digunakan dalam Tugas Akhir ini untuk menghitung biaya-biaya tersebut.

##### 1. Biaya Konstruksi

Rumus perhitungan biaya konstruksi adalah:

CC = Biaya Konstruksi  
 = CAC + CFC Dimana:

CAC = Biaya material =  $PC \times mC$

PC = Berat konstruksi dalam ton  $mC = \text{Harga baja per ton}$

CFC = Biaya pekerjaan  
 =  $HhC \times mHh$   $HhC$  = Total jam orang  
 = Produktivitas  $\times$  PC  
 mHh = Upah kerja per jam orang

Pada pengerjaan Tugas Akhir, diasumsikan upah kerja sebesar \$12 (Ventura, n.d.) dan produktivitas sebesar 30 Jam Orang/ton.

## 2. Biaya Outfitting

Rumus perhitungan biaya outfitting adalah:  $CE = PE^{0.95} \times mE + CFE$

Dimana:

PE = Berat outfitting

mE = Harga outfitting per ton, yaitu \$1000/ton (Ventura, n.d.)

CFE = Biaya pekerjaan  
 =  $Z \times L \times B^{1/2}$

Z = 350

## 3. Biaya Permesinan

Rumus biaya permesinan adalah sebagai berikut:  $CM = k1 \times PMCR^{k2}$

Dimana:

PMCR = Daya mesin pada maximum constant rate

k1, k2 = Lihat Tabel 5.25

Tabel 4.18 k1 dan k2

	k1	k2
Diesel (2 stroke)	19,877	0.620
Diesel (4 stroke)	12,507	0.647
2 x Diesel (2 stroke)	14,141	0.650
Steam Turbine	38,480	0.540

Setelah didapat biaya konstruksi, *outfitting*, dan permesinan, biaya pembangunan total dapat dihitung. Biaya tersebut dijumlahkan dengan harga dari alat alat yang dibutuhkan oleh pembangkit listrik dan mesin *reverse osmosis*. Harga peralatan kebutuhan pembangkit listrik dan desalinasi air laut didapat dari situs jual beli online seperti “alibaba.com”, ”tokopedia.com”, dll.

Tabel 4.19 Perhitungan Biaya Pembangunan

Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal				
Item	Price (USD)	Unit	Qty.	Total
Structural	\$ 1.402.394,54		1	\$ 1.402.394,54
Outfitting	\$ 1.783.447,62		1	\$ 1.783.447,62
Machinery	\$ 1.285.668,66	unit	2	\$ 2.571.337,32
Power Generator Set	\$ 492.800,00	unit	5	\$ 2.464.000,00
Genset oil pump	\$ 3.978,00	unit	5	\$ 19.890,00
Power Plant Exhaust Const	\$ 10.100,00	unit	5	\$ 50.500,00
RO Desalinator	\$ 20.000,00	unit	15	\$ 300.000,00
Jet Water Pump	\$ 15.000,00	unit	5	\$ 75.000,00
Sea Water Pump	\$ 1.000,00	unit	2	\$ 2.000,00
Brine Water Pump	\$ 15.000,00	unit	1	\$ 15.000,00
Ballast Pump	\$ 500,00	unit	4	\$ 2.000,00
Total				\$ 8.685.569,48
USD to IDR				Rp 14.476,50
<b>Total in IDR</b>				<b>Rp 125.736.646.581,77</b>
Total Adjustment				Rp 37.492.989.099,53
<b>Grand Total (IDR)</b>				<b>Rp 163.229.635.681,31</b>
			<b>USD to IDR</b>	
			<b>USD</b>	<b>IDR</b>
			\$ 1,00	Rp 14.476,50

Setelah dijumlahkan dengan harga dari keperluan pembangkit listrik dan desalinasi air laut, dilakukan penyesuaian harga dengan pajak. Pajak yang dikenakan adalah PPn 10%, PPh 15%, dan biaya faktor inflasi yang diasumsikan sebesar 5%.

Tabel 4.20 Penyesuaian Biaya Pembangunan

Total in IDR	Rp 124.976.630.331,77
Value Added Tax (PPn)	10%
	Rp 12.497.663.033,18
Income Tax (PPh)	15%
	Rp 18.746.494.549,77
Inflation Rate	5%
	Rp 6.248.831.516,59
<b>Total Adjustment</b>	<b>Rp 37.492.989.099,53</b>
<b>Grand Total</b>	<b>Rp 162.469.619.431,31</b>



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. *Payload* kapal ini sebesar 13,3 MW (Mega Watt) dan 1.900.000 GPD (*Gallon per Day*)
2. Dari *payload* di atas didapatkan ukuran utama kapal ini adalah sebagai berikut:

$$L_{pp} = 75 \text{ m}$$

$$C_b = 0.7$$

$$B = 21,3 \text{ m}$$

$$H = 5,45 \text{ m}$$

$$T = 4,28 \text{ m}$$

$$V_s = 12 \text{ knot.}$$

3. Wilayah operasional dibagi dua wilayah yaitu
  - a. Wilayah operasional barat dengan *home base* pada Ibu Kota DKI Jakarta yang mencakup wilayah Indonesia bagian barat dan sebagian wilayah Indonesia bagian tengah.
  - b. Wilayah operasional timur dengan *home base* pada Kota Baubau, Sulawesi Selatan yang mencakup sebagian wilayah Indonesia bagian tengah dan Indonesia bagian timur.
4. Hasil dari analisis teknis kapal didapat kebutuhan mesin kapal sebesar 1328,2 KW yang dibagi menjadi 2 mesin penggerak (*twin screw*) berbahan bakar *diesel*, lalu dilakukan pengecekan *trim* dan stabilitas menggunakan aplikasi “Maxsurf Stability Student Version” dan memenuhi dari kriteria yang sudah ditentukan.
5. Didapat gambar Rencana Garis (Lines Plan) kapal ini pada Lampiran B dan Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal pada Lampiran C yang dibagi menjadi 8 *Deck*, yaitu *Bottom Deck* dan *Main Deck*, untuk bagian belakang terdapat *Boat Deck* dan *Power Station Deck*, dan untuk bagian depan terdapat *Forecastle Lower Deck*, *Forecastle Deck 1*, *Forecastle Deck 2*, dan *Wheelhouse Deck*. Pada *Main Deck* terdapat

Sistem Mesin PLTD dan Sistem Mesin Desalinasi RO. Pada *Forecastle Deck 1* dan *Forecastle Deck 2* terdapat ruang akomodasi untuk kapal seperti kamar tidur, kamar mandi, *mess room*, dll. Sedangkan pada *Control Deck* terdapat konsol untuk melakukan pengontrolan mesin pembangkit listrik (PLTD) dan mesin desalinasi air laut. Dan gambar 3D kapal pada Lampiran D.

6. Didapat biaya pembangunan dari kapal sebesar Rp.162.469.619.431.

## **5.2. Saran**

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini masih banyak banyak perhitungan yang dilkaukan menggunakan asumsi dan pendekatan. Maka untuk menyempurnakan Tugas Akahir ini terdapat beberapa saran sebagai berikut:

1. Perhitungan berat konstruksi kapal untuk diperinci agar mendekati dengan keadaan sesungguhnya.
2. Perlu adanya analisis konstruksi yang lebih detail agar dipastikan kapal layak dibangun.
3. Sistem desalinasi air laut perlu diperinci lagi dari segi operasional

## DAFTAR PUSTAKA

- Yunanda, E. A., & Riyadi, D. M. (2017). *Desalinasi Air Payau Menjadi Air Bersih Dengan Menggunakan Metode Reverse Osmosis*. Surabaya: ITS.
- Wicaksana, A. P. (2012). *Desain Konseptual Kapal Desalinasi untuk Wilayah Kepulauan*. Surabaya: ITS.
- Islamy, H. A. ((2018)). *Desain Pembangkit Listrik Tenaga Surya Apung untuk Wilayah Kepulauan Selayar. Sulawesi Selatan*. Surabaya: 2018.
- MAN. (2015). *Powerplants Programme 2015/16* . MAN.
- MAN. (2018). *Power Generation Programme 2018/19*. MAN.
- Riansyah, A., & Kurniawati, H. A. (2019). *Desain Desalination Production Vessel untuk Mengatasi Kekurangan Air Tawar di Pulau Madura*. Surabaya: Institus Teknologi Sepuluh Nopember.
- Dhaniswara, J. S., & Aryawan, W. D. (2020). *Desain Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD) Untuk Daerah Pasca Bencana Alam*. Surabaya: Institus Teknologi Sepuluh Nopember.
- Putri, D. K. (2018, 09 18). Tingkatkan Konsumsi Listrik, Jonan Dorong Konversi ke Kendaraan dan Kompor Listrik. *Esdm.go.id*.
- United Nation. (2015). The Human right to Water and Sanitation. *Media Brief, 2*.



# **LAMPIRAN**

Lampiran A Perhitungan Analisa Teknis

Lampiran B Rencana Garis

Lampiran C Rencana Umum

Lampiran D Desain 3 Dimensi

**LAMPIRAN A**  
**ANALISIS TEKNIS**

## PERHITUNGAN PAYLOAD KAPAL

PAYLOAD PEMBANGKIT LISTRIK				
kebutuhan listrik/hari (KWh)	kebutuhan listrik/jam KWh	jumlah orang	kebutuhan listrik total/jam (kWh)	kapasitas per kapal
1,064	0,088666667	150000	13300	13300
daya mesin KW	daya mesin KVA	jumlah mesin	berat mesin (ton)	daya total kapal
3456	2764,8	5	62,2	13824
berat total mesin	lama supply L (hari)	konsumsi genset (g/kwh)	Kebutuhan FDO (m3)	
311	5	189,1	461,3150118	
kebutuhan FDO (liter)	massa jenis FDO	Berat FDO (ton)	berat total genset (ton)	
461315,0118	0,85	392,11776	971,81776	
Peralatan pembangkit listrik lainnya				
Komponen	Jumlah	Berat (ton)	Berat Total (Ton)	
Main Diesel Generator	5	62,2	311	
Starting + Auxiliaries	5	7	35	
Air Intake System	5	10	50	
Exhaust System	5	10	50	
Engine Module	5	5	25	
D.O Pressure Booster	5	5	25	
Cooling + Lube Oil Pump	5	5	25	
Ventilation	5	1,5	7,5	
Gardu Induk + Outfitting	1	1,2	1,2	
exhaust structure	5	10	50	
			268,7	

PAYLOAD PEMBANGKIT LISTRIK									
Payload Air	kebutuhan air L/hari	jumlah orang	kebutuhan total A L/hari						
	46	150000	6900000						
Volume tangki air (m3)	volume tangki air (L)	berat air tawar (ton)	daya mesin liter/hari						
690	690000	690	480000						
jumlah mesin	berat mesin (ton)	total berat mesin	berat total desalinasi (ton)						
15	5,7	85,5	1251,452						
Peralatan desalinasi lainnya									
main equipment	jumlah	panjang	lebar	tinggi	berat (ton)		erat total (ton)		
pretreatment tank	1	4,5	18	4	332,424	332,424			
brine water tank	2	4	4	4	65,664	131,328			
intake pump	2	1,5	0,4	0,55	1,42	2,84			
hpp pump	3	1,5	0,4	0,55	1,42	4,26			
Brine Water pump	1	2,27	0,56	1	1,98	1,98			
outake pump	2	1,1	0,7	0,74	1,56	3,12			
					404,468	475,952			

#### PERHITUNGAN KOEFISIEN UKURAN UTAMA

##### ukuran utama kapal

$L_{pp}$	=	64,42	m			
$B$	=	21,30	m			
$H$	=	5,45	m			
$T$	=	4,10	m			
$V_s$	=	12,00	knot	=	6,17	m/s

##### memeriksa perbandingan ukuran utama

$L/B$	=	3,02	→	$3.5 < L/B < 10$	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
$L/T$	=	15,71	→	$10 < L/T < 30$	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
$B/T$	=	5,20	→	$1.8 < B/T < 5$	<i>Principle of Naval Architecture Vol. I hal. 19</i>
$L/16$	=	4,03	→	$H > L/16$	<i>BKI Vol. II Tahun 2006</i>
$T/H$	=	0,75	→	$0.7 < T/H < 0.8$	<i>Practical Ship Design hal. 70</i>



Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya

Panjang Garis Air ( $L_{WL}$ )			
$L_{WL}$	=	$104\% \square L_{PP}$	
	=	67,000	m

Perhitungan Froude Number			
$F_n$	=	$V/\sqrt{(gL)}$	
	=	0,24080	

Koefisien Blok (Watson & Gilfillan)			
$C_B$	=	$0,7 + 0,125 \arctan ((23-100F_n)/4)$	
	=	0,667049588	(Parametric Ship Design hal. 11-12)
	=	0,7	(maxsurf)

Koefisien Luas Midship (Series '60)			
$C_M$	=	$0,977 + 0,085 (C_B - 0,60)$	(Parametric Ship Design hal. 11-12)
	=	0,983	
$A_m$	=	85,82	

Koefisien Prismatic			
$C_p$	=	$C_B/C_M$	(Parametric Ship Design hal. 11-10)
	=	0,679	
	=	0,71	(maxsurf)

Koefisien Bidang Garis Air			
$C_{WP}$	=	$0,18 + 0,86 \cdot C_p$	(Parametric Ship Design hal. 11-16)
	=	0,764	
	=		

Volume Displasemen			
$V$	=	$L_{wl} \cdot B \cdot T \cdot C_b$	
	=	3902,976	$m^3$
	=	4144	$m^3$ Maxsurf

Displasemen			
$\Delta$	=	$L_{wl} \cdot B \cdot T \cdot C_b \cdot \rho$	
	=	4000,550	ton
	=	4248	ton maxsurf

Ukuran Utama			asumsi		
LPP	=	64,42 m	air laut	=	77 °F
LWL	=	67,00 m	1 m	=	3,281 ft
B	=	21,3 m	1 ft	=	0,3048 m
H	=	5,45 m	∅	=	0,000010145 ft <sup>2</sup> /s
T	=	4,1 m		=	9,42501E-07 m <sup>2</sup> /s

koefisien dan ukuran lainnya			Koreksi		
C <sub>B</sub>	=	0,700	Fn	=	0,241
C <sub>M</sub>	=	0,983	Vs	=	12 knot
C <sub>P</sub>	=	0,710		=	6,17 m/s
C <sub>WP</sub>	=	0,764	g	=	9,81 m/s <sup>2</sup>
			LCB	=	-0,331 %
			ρ	=	1,025 ton/m <sup>3</sup>
			V	=	3902,975854 m <sup>3</sup>
			Δ	=	4000,55025 ton/m <sup>3</sup>

c		Keterangan
c1	1	
c2	1	spade
c3	1	NACA profile
c4	1	in the propeller jet

Type of Appendages	Value of 1 + k <sub>2</sub>
Rudder of single screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2,8
Skeg-rudders off twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3
Bossings	2
Bilge keel	1,4
Stabilizer fins	2,8
Shafts	2
Sonar dome	2,7

c	1 + 0,011 . Cstern
cstern = -25	untuk pram dengan gondola
cstern = -10	untuk potongan bentuk V
cstern = 0	untuk bentuk potongan normal
cstern = +10	untuk potongan bentuk U dengan stern Hogner

1. Viscous Resistance			
CF <sub>0</sub>	=	angka reynolds	
Rn	=	v · Lwl / u	
	=	438845889,7	
CF <sub>0</sub>	=	koefisien tahanan gesek	(PNA vol 2 hal 90)
	=	CF = 0,075 / (log Rn - 2) <sup>2</sup>	
	=	0,00170	
2. Resistance Appendages			
<u>1+k<sub>1</sub></u>			
C	=	1 + (0.011 · Cstern)	
C <sub>stern</sub>	=	0	; lihat tabel diatas
C	=	1	(PNA vol 2 hal 91)
L <sub>R</sub> /L	=	1 - C <sub>p</sub> + 0,06 · C <sub>p</sub> · LCB / (4 · C <sub>p</sub> - 1)	
	=	0,282	(PNA vol 2 hal 91)
L <sup>3</sup> /V	=	77,060	
1+k <sub>1</sub>	=	0,93 + 0,4871 · C · (B/L) <sup>1,0681</sup> · (T/L) <sup>0,4611</sup> · (L/L <sub>R</sub> ) <sup>0,1216</sup> · (L <sup>3</sup> /V) <sup>0,3649</sup> · (1-CP) <sup>-0,6042</sup>	
	=	1,405	(PNA vol 2 hal 91)
<u>1+k<sub>2</sub></u>			
1+k <sub>2</sub>	=	lihat di tabel	
	=	1,5	(PNA vol 2 hal 92)
Wetted Surface Area (S)			
A <sub>BT</sub>	=	0	; tanpa bulb
	=	0	m <sup>2</sup>
			(PNA vol 2 hal 92)
S	=	Wetted Surface Area	
	=	L(2T + B)C <sub>m</sub> <sup>0,5</sup> (0.453 + 0.4425 C <sub>b</sub> - 0.2862 C <sub>m</sub> - 0.003467 B/T + 0.3696 C <sub>wp</sub> ) + 2.38 A <sub>BT</sub> /C <sub>b</sub>	
S	=	1461,218965	m <sup>2</sup>
			(PNA vol 2 hal 91)
Wetted Surface Area of appendages (S <sub>app</sub> )			
S <sub>rudder</sub>	=	C <sub>1</sub> · C <sub>2</sub> · C <sub>3</sub> · C <sub>4</sub> (1,75) · L · T / 100	
	=	9,2447005	m <sup>2</sup>
			(BKI Vol. II hal 14-1)
S <sub>bilgekeel</sub>	=	0	m <sup>2</sup>
S <sub>app</sub>	=	S <sub>rudder</sub> + S <sub>bilgekeel</sub>	
	=	9,2447005	m <sup>2</sup>
S <sub>total</sub>	=	S + S <sub>app</sub>	
	=	1470,463665	m <sup>2</sup>
<u>1 + K</u>			
1 + K	=	1 + k <sub>1</sub> + [1 + k <sub>2</sub> - (1 + k <sub>1</sub> )] · S <sub>app</sub> /S <sub>tot</sub>	
	=	1,405596604	(PNA vol 2 hal 92)

3. Wave Making Resistance							
$C_1$							
B/LWL	=	0,317910827					
$C_4$	=	0,317910827					
Ta	=	4,1	m				
Tf	=	4,1	m				
$i_\epsilon$	=	$125.67 B/L - 162.25 C_p^2 + 234.32 C_p^3 + 0.1551 (LCB + 6.8 (Ta - Tf)/T)^3$					
	=	42,02168856					
d	=	-0,9					
$C_1$	=	$2223105 C_4^{3.7861} (T/B)^{1.0796} (90 - i_\epsilon)^{-1.3757}$					
	=	23,84884913					(PNA vol 2 hal 92)
$m_1$							
C5	=	1.7301 - 0.7067 .CP					
	=	1,228343					
$V^{1/3}/L$	=	0,234994485					
$m_1$	=	$0.01404 L/T - 1.7525 V^{1/3}/L - 4.7932 B/L - C_5$					
	=	-2,934547141					
$\lambda$	=	$1.446 C_p - 0.03 L/B$		L/B < 16			
	=	0,932293915					(PNA vol 2 hal 92)
$m_2$							
$L^3/\Delta$	=	77,05964216					
$C_6$	=	-1,69385					; untuk $LWL^3/V \leq 512$
$m_2$	=	$C_6 \cdot 0.4e^{-0.034Fn - 3.29}$					
	=	-0,017088284					(PNA vol 2 hal 92)
$C_2$							
$C_2$	=	1					; tanpa bulb
							(PNA vol 2 hal 92)
$C_3$							
$A_T$	=	0					
$C_3$	=	$1 - 0.8 A_T / (BTC_M)$					
	=	1					(PNA vol 2 hal 93)
RW/W	=						
	=	$C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{(m_1 Fn^d + m_2 \cos(\lambda \cdot Fn - 2))}$					
	=	0,000622405					(PNA vol 2 hal 93)

4. Air Resistance					
$C_A$					
$T/LWL$	=	0,061194103			; untuk $T/LWL > 0,04$
$C_A$	=	$0,006 (LWL + 100)^{0,16} - 0,00205$			
	=	0,000595554			(PNA vol 2 hal 93)

Bouyancy					
$W$	=	$1,025 \cdot \Delta \cdot g$			
	=	39245,39795	kN		

Total Resistance					
$R_{total}$	=	$\frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot S_{tot} [C_f (1+k) + C_A] + RW/W \cdot W$			
	=	85752,07745	N		
	=	85,75207745	kN		(PNA vol 2 hal 93)
$R_{total} + 15\% R_{total}$	=	98,61488907	kN		

Required Value					
$R_t$	=	98614,889	N		
$V$	=	6,173	m/s		
$C_b$	=	0,667			
$1+k$	=	1,406			
$C_f$	=	0,002			
$C_a$	=	0			

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

Effective Horse Power				
<b>EHP</b>	=	$Rt \times v / 1000$		<i>(parametric design hal 11-27)</i>
	=	608,783	<b>KW</b>	

Thrust Horse Power				
<b>THP</b>	=	$TV_A / 1000$		<i>(parametric design hal 11-27)</i>
<b>T</b>	=	$Rt / (1-t)$		<i>(parametric design hal 11-27)</i>
<b>V<sub>A</sub></b>	=	$V (1-w)$		<i>(parametric design hal 11-27)</i>
<b>C<sub>v</sub></b>	=	$(1+k) C_F + C_A$		<i>(PNA vol 2 hal 162)</i>
<b>C<sub>v</sub></b>	=	0,00238937		
<b>w</b>	=	$0.3 C_b + 10 C_v C_b - 0.1$		<i>(PNA vol 2 hal 163)</i>
	=	0,116053159		
<b>t</b>	=	0,1		<i>(PNA vol 2 hal 163)</i>
<b>η<sub>h</sub></b>	=	$(1-t)/(1-w)$		<i>(parametric design hal 11-29)</i>
	=	1,018160775		
<b>THP (PT)</b>	=	597,924	<b>KW</b>	

Delivery Horse Power				
<b>DHP</b>	=	$PT / \eta_b$		<i>(parametric design hal 11-29)</i>
<b>η<sub>b</sub></b>	=	0,55		<i>(propeller B-series = 0.5 - 0.6)</i>
<b>η<sub>r</sub></b>	=	0,98		<i>(PNA vol 2 hal 163)</i>
<b>η<sub>p</sub></b>	=	$\eta_b \eta_r$		<i>(parametric design hal 11-27)</i>
<b>η<sub>p</sub></b>	=	0,539		
<b>DHP (PD)</b>	=	1109,321	<b>KW</b>	

Shaft Power Horse				
<b>SHP</b>	=	$PD / (\eta_b \eta_s)$		<i>(parametric design hal 11-29)</i>
<b>η<sub>b</sub> η<sub>s</sub></b>	=	untuk mesin aft		<i>(parametric design hal 11-31)</i>
	=	0,98		
<b>SHP</b>	=	1131,960	<b>KW</b>	

Brake Power Horse				
<b>BHP</b>	=	$PS / (\eta_T)$		<i>(parametric design hal 11-29)</i>
<b>η<sub>T</sub></b>	=	low speed diesel		<i>(parametric design hal 11-33)</i>
	=	0,98		
<b>BHP</b>	=	1155,061	<b>KW</b>	

Maximum Continues Rates				
<b>MCR</b>	=	<b>BHP</b> + service margin 15 %		<i>(parametric design hal 11-30)</i>
<b>MCR</b>	=	1328,320	<b>KW</b>	
	=	1805,984	<b>HP</b>	

Engine Power Requirement							
Main Engine Power	=	1328,320	KW		=	1805,984	HP
		1409,117	KW	maxsurf	=	1915,835	HP
Generator Power	=	24% Main Engine Power					
		318,797	KW		=	433,4362	Hp

Engine Requirement							
Engine Power Requirement	=	1328,32	KW		=	1805,984	HP
Generator Power Requirement	=	≥ 24 % engine power requirement					
	=	318,7969	KW		=	433,4362	Hp
Emergency Genset	=	8% engine power requirement					
	=	106,2656	KW				

Engine Type			
Enginee Type	=	MAN L23/30A	
max.Power	=	960	kW
	=	1287,36	HP
n(rpm)	=	900	r/min
Cylinder number	=	6	
Fuel Oil Consumption	=	193	g/kWh
Lube Oil Consumption	=	1	g/kWh
Dimension			
Length	=	3737	mm
Width	=	3062	mm
Height	=	2467	mm
Weight	=	11	ton

Generator type			
Generator type	=	MAN L16/24	
max.Power	=	537,5	kVA
	=	430	KW
Dimension			
Length	=	4151	mm
Width	=	1000	mm
Height	=	2457	mm
Fuel Oil Consumption	=	195	g/kWh
Weight	=	9,5	ton

Input power		
EHP	608,7826	KW
THP	597,9238	KW
DHP	1109,321	KW
SHP	1131,96	KW
BHP	1155,061	KW
MCR	1328,32	KW
Gen set	318,7969	KW

Input Data					
LWL	=	66,99992	m		
T	=	4,1	m		
CB	=	0			
RT	=	98614,89	kN		
D	=	2,46	m	; Diameter (0.6 s.d. 0.65) $\square$ T	
nrpm	=	195	rpm		
nrps	=	3,25	rps		
P/D	=	1		; Pitch Ratio (0.5 s.d. 1.4)	
z	=	4	blade	; Jumlah Blade	
AE/A0	=	0,4		; Expanded Area Ratio	



Perhitungan Berat Mesin			
<b>1. Main Engine</b>			
We	=	22	ton ; dari katalog
<b>2. Gearbox</b>			
Wgear	=	0,4*PB/n	
	=	0,51	ton
<b>3. Shafting</b>			
M/I (t/m)	=	0.081 (PD/n) <sup>2/3</sup>	; untuk tensile strength 700N/mm <sup>2</sup> ( Ship Design for Efficiency & Economy - SCHNEEKLUTH ; hal 175 )
lp	=	9,74	m (asumsi panjang shaft)
n	=	195	rpm (asumsi rpm propeller)
PD	=	1109	HP
M/I (t/m)	=	0,258	ton/m
Wshaft	=	3	ton
<b>4. Propeller</b>			
Wp	=	D <sup>3</sup> .K	; untuk material berbahan 'manganese bronze' ( Ship Design for Efficiency & Economy - SCHNEEKLUTH ; hal 176 )
K	=	0.18 AE/AO - (z-2)/100	
	=	0,052	
D	=	2,46	
Wp	=	0,774	ton ( Ship Design for Efficiency & Economy - SCHNEEKLUTH ; hal 175 )
<b>5. Electricity</b>			
Wagg	=	9,50	ton/genset ; dari katalog
Wgenset tmbhn	=	1,785	ton
n Genset	=	2	; asumsi menggunakan 1 genset utama + 1 genset cadangan + genset kecil untuk navigasi
Wagg tot	=	20,785	ton
<b>6. Other Weight</b>			
M	=	(0.04~0.07)P	( Ship Design for Efficiency & Economy - SCHNEEKLUTH ; hal 176 )
M	=	0.06 P	
P	=	960	kW dari main engine
M	=	57,6	ton
<b>Machinery Total Weight</b>			
Wm tot	=	104,187	ton

Input data			
LPP	=	64,423	m
Lwl	=	67	m
B	=	21,3	m
H	=	5,45	m
T	=	4,1	m
Cb	=	0,700	
Jarak gading	=	0,6	m

Layer	Panjang (ld) (m)	Lebar (bd) (m)	h taken
Desalination house	14,49	18,9	4,06
Power plant	33,3	14,66	9,44
Control House	14,49	18,9	3,00
Forecast lowdeck	16,7	19,2	2,50
Forecastledeck	12	20	2,50
Deckhouse 1	6,1	14	2,50
Deckhouse 2	15	14	2,50
Wheelhouse	6,6	7,84	2,5

Lloyd Equipment Numeral ( E )					
E	=	E <sub>hull</sub> + ESS + Edh			( Parametric design hal 11-22 )
	=	L(B + T) + 0.85L(D - T) + 0.85 Σ lihi + +0.75 Σ ljhj			
E <sub>hull</sub>					
E <sub>hull &lt; T</sub>	=	L ( B + T )			
		1636,344	m <sup>2</sup>		
E <sub>hull &gt; T</sub>	=	0.85 ( D - T )			
		73,925	m <sup>2</sup>		
E <sub>hull</sub>	=	L ( B + T ) + 0.85 ( D - T )			
	=	1710,270	m <sup>2</sup>		
E <sub>ss</sub>					
E <sub>Desalination</sub>					
li	=	6,6	=	6,600	m
hi	=	2.5 m - 3.5 m	=	2,5	m
E <sub>Desalination</sub>	=	14,025	m <sup>2</sup>	Vdesalinati =	1111,8757 m <sup>3</sup>
E <sub>Controldeck</sub>					
li	=	14,49	=	14,5	m
hi	=	2.5m-3.5m	=	3,00	m
E <sub>Controldeck</sub>	=	36,950	m <sup>2</sup>		
E <sub>Powerplant</sub>					
li	=	6,6	=	6,6	m
hi	=	2.5m-3.5m	=	2,5	m
E <sub>Powerplant</sub>	=	14,025	m <sup>2</sup>	VPowerplant =	4608,4003 m <sup>3</sup>
E <sub>Forecastledeck</sub>					
li	=	12	=	12,0	m
hi	=	2.5m-3.5m	=	2,50	m
E <sub>Forecastledeck</sub>	=	25,500	m <sup>2</sup>		
E <sub>Forecastlow</sub>					
li	=	16,7	=	16,7	m
hi	=	2.5m-3.5m	=	2,50	m
E <sub>Forecastlow</sub>	=	35,488	m <sup>2</sup>		
ESS	=	E <sub>Controldeck</sub> + E <sub>Forecastledeck</sub>			
		97,937	m <sup>2</sup>		

<b>E<sub>deckhouse</sub></b>										
<b>E<sub>dbelakang</sub></b>										
<b>li</b>	=		6,1	:		6,000	m			
<b>hi</b>	=	2.5 m - 3.0 m		:		2,500	m			
<b>E<sub>dh1</sub></b>	=		11,250				m <sup>2</sup>			
<b>E<sub>dh2</sub></b>										
<b>li</b>	=		15			15,000	m			
<b>hi</b>	=	2.5 m - 3.0 m		:		2,500	m			
<b>E<sub>dh2</sub></b>	=		28,125				m <sup>2</sup>			
<b>E<sub>wheelhouse</sub></b>										
<b>li</b>	=		6,6			6,600	m			
<b>hi</b>	=	2.5m-3.0m				2,500	m			
<b>E<sub>wheelhouse</sub></b>	=		12,375				m <sup>2</sup>			
<b>E<sub>deckhouse</sub></b>	=		$E_{dh1} + E_{dh2} + E_{wheelhouse}$							
	=		51,750				m <sup>2</sup>			
<b>E<sub>tot</sub></b>	=	E <sub>hull</sub> + ESS + Edh (powerplant dan Desalinaton terpisah) <i>(Parametric design hal 11-22 )</i>								
			1859,957				m <sup>2</sup>			

<b>Total Weight Steel ( W<sub>s</sub> )</b>									
<b>C<sub>B</sub>'</b>	=	$C_b + (1 - C_b)((0.8D - T)/3T)$				<i>(Parametric design hal 11-22 )</i>			
<b>C<sub>B</sub></b>	=	0,700							
<b>C<sub>B</sub>'</b>	=	0,706							
<b>W<sub>s</sub>(E)</b>	=	$K E^{1.36} (1 + 0.5(C_B' - 0.70))$							
<b>K</b>	=	0,035 ; lihat di tabel Structural Weight Coefficient							
<b>W<sub>s</sub></b>	=	981,673 ton				<i>(Parametric design hal 11-22)</i>			
<b>W<sub>s</sub> total</b>	=	1100,376							

<b>Input data</b>		
<b>L<sub>pp</sub></b>	=	64,42 m
<b>L<sub>wl</sub></b>	=	67,00 m
<b>B</b>	=	21,30 m
<b>H</b>	=	5,45 m
<b>T</b>	=	4,10 m
<b>Δ</b>	=	4248,00 ton
<b>∇<sub>tot</sub></b>	=	4144,000 m <sup>3</sup>
<b>C<sub>B</sub></b>	=	0,7

Po	=	2,1.(Cb + 0,7). Co . CL . f . Crw	[kN/m2]	
C0	=	((L/25)+4.1)Crw	; untuk L < 90	
C0	=	5,008		
f	=	1	pelat	
f	=	0,75	penegar	
f	=	0,6	penumpu	
CL	=	(L/90)^2	L < 90 m	
	=	0,846		
Crw	=	0,75	; pelayaran lokal	
Po1	=	2.6(Cb+0.7).Co.Cl	[kN/m2]	
Po	=	9,34	kN/m <sup>2</sup>	,Untuk pelat kulit, geladak cuaca
Po1	=	15,421905		

**Harga CF dapat di cari dari tabel dibawah ini**

Range		Factor c <sub>D</sub>		Factor c <sub>F</sub>	
0 ≤ x/L < 0,2		1,2 - x/L		1,0 + 5/Cb [0,2 - x/L]	
<b>A</b>	x/L = 0,046567	C <sub>D</sub> =	1,153433	C <sub>F</sub> =	2,095948
0,2 ≤ x/L < 0,7		1		1	
<b>M</b>	x/L = 0,121075	C <sub>D</sub> =	1	C <sub>F</sub> =	1
0,7 ≤ x/L ≤ 1		1,0 + c/3 [x/L - 0,7]		1 + 20/Cb [x/L - 0,7] <sup>2</sup>	
<b>F</b>	x/L = 0,186269	c = 0,15 . L - 10			
		L <sub>min</sub> = 100 m			
		C <sub>D</sub> =	1,058	C <sub>F</sub> =	8,541

**Beban pada sisi kapal pada pelat dapat dihitung sebagai berikut:**

daerah 0 ≤ x/L < 0.2					
Ps	=	10 (T - Z) + Po x Cf x (1 + Z / T)			
Ps1	=	Po <sub>1</sub> .(20/(5+Z-T))			
Z	=	2 m			
Ps	=	49,571122	kN/m <sup>2</sup>		
Ps <sub>1</sub>	=	106,35797	kN/m <sup>2</sup>		
daerah 0.2 ≤ x/L < 0.7					
Ps	=	23,650926	kN/m <sup>2</sup>		
Ps <sub>1</sub>	=	106,35797	kN/m <sup>2</sup>		
daerah 0.7 ≤ x/L < 1					
Ps	=	201,9922	kN/m <sup>2</sup>		
Ps <sub>1</sub>	=	106,35797	kN/m <sup>2</sup>		

Beban Pada Dasar Kapal ( PB )			
<b>daerah <math>0 \leq x/L &lt; 0.2</math></b>			
$P_B$	=	$10 \cdot T + P_o \cdot C_F$	
$P_{B1}$	=	$10 \cdot T + P_{o1} \cdot 2 \cdot  y /B$	
$y$	=	10,65 m	
$P_B$	=	60,580593	$\text{kN/m}^2$
$P_{B1}$	=	56,421905	$\text{kN/m}^2$
<b>daerah <math>0.2 \leq x/L &lt; 0.7</math></b>			
$P_B$	=	50,342116	$\text{kN/m}^2$
$P_{B1}$	=	56,421905	$\text{kN/m}^2$
<b>daerah <math>0.7 \leq x/L &lt; 1</math></b>			
$P_B$	=	120,78692	$\text{kN/m}^2$
$P_{B1}$	=	56,421905	$\text{kN/m}^2$

Beban Pada Geladak Cuaca (Pd)			
<b>daerah <math>0 \leq x/L &lt; 0.2</math></b>			
$P_d$	=	$(P_o \times 20 \times T \times C_d) / ((10 + Z - T)H)$	
$P_d$	=	14,284302	$\text{kN/m}^2$
$P_{dmin}$	=	$16 \cdot f$	atau $P_{dmin} = 0.7 \cdot P_o$
		16 $\text{kN/m}^2$	6,539481 $\text{kN/m}^2$
<b>daerah <math>0.2 \leq x/L &lt; 0.7</math></b>			
$P_d$	=	12,384165	$\text{kN/m}^2$
<b>daerah <math>0.7 \leq x/L &lt; 1</math></b>			
$P_d$	=	13,09789	$\text{kN/m}^2$

Beban Pada Geladak Bangunan Atas			
$P_{DA}$	=	$P_D \cdot n$	$\text{kN/m}^2$
$n$	=	$1 - [(z - H)/10]$	$n_{min} = 0,5$
$P_{DA min}$	=	4	$\text{kN/m}^2$
<b>Main Deck</b>			
h poop	=	9,44	m
# z	=	9,45	m
$n$	=	$1 - ((z - H)/10)$	
	=	0,6	$n_{min} = 0,5$
$P_{DA}$	=	9,6	
<b>Second Deck</b>			
h poop	=	4,06	m
# z	=	9,45	m
$n$	=	$1 - ((z - H)/10)$	

$$\begin{array}{l} P_{DA} = 0,6 \\ \quad = 8 \end{array} \quad n_{\min} = 0,5$$

Perhitungan Tebal Pelat					
<b>Tebal Pelat Sisi</b>					
<b>daerah <math>0 \leq x/L &lt; 0.2</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (ps.k)^{0.5} + tk$			
	=	13,25682	mm	≈	14 mm
<b>daerah <math>0.2 \leq x/L &lt; 0.7</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (ps.k)^{0.5} + tk$			
	=	13,25682	mm	≈	14 mm
<b>daerah <math>0.7 \leq x/L &lt; 1</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (ps.k)^{0.5} + tk$			
	=	17,702131	mm	≈	18 mm
<b>Tebal Pelat Bottom</b>					
<b>daerah <math>0 \leq x/L &lt; 0.2</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (Pb \cdot K)^{0.5} + tk$			
	=	11,373023	mm	≈	12 mm
<b>daerah <math>0.2 \leq x/L &lt; 0.7</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (Pb \cdot K)^{0.5} + tk$			
	=	11,563055	mm	≈	12 mm
<b>daerah <math>0.7 \leq x/L &lt; 1</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (Pb \cdot K)^{0.5} + tk$			
	=	14,528954	mm	≈	15 mm
<b>Tebal Pelat Geladak</b>					
<b>daerah <math>0 \leq x/L &lt; 0.2</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (Pd \cdot K)^{0.5} + tk$			
	=	4,904	mm	≈	5 mm
<b>daerah <math>0.2 \leq x/L &lt; 0.7</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (Pd \cdot K)^{0.5} + tk$			
	=	4,904	mm	≈	5 mm
<b>daerah <math>0.7 \leq x/L &lt; 1</math></b>					
t	=	$1.9 \cdot N_f \cdot a \cdot (Pd \cdot K)^{0.5} + tk$			
	=	4,904	mm	≈	5 mm
<b>Tebal Pelat Bangunan Atas</b>					
<b>Second Deck</b>					
t	=	$0.9 \cdot a \cdot x \cdot (P \cdot x \cdot k)^{0.5} + tk$			
	=	1,67	+ tk		
	=	tk =	1,5 mm		untuk $t' < 10$ mm
	=	3,17	mm		
t	=	$C a \sqrt{P \cdot k} + tk$			
	=	3,7494287	mm	≈	4 mm
	atau				
t	=	$(5,5 + 0.02L) \cdot \sqrt{k}$			
	=	5,692		≈	6 mm

Power plant House				
Perhitungan luasan, dihitung menggunakan <i>software Maxsurf</i>				
Luas	=	1.393,663	m <sup>2</sup>	
Tebal	=	0,006	m	
p Material Baja	=	7,85	ton/m <sup>3</sup>	
Berat	=	65,642	ton	
	=	65,642		

Desalination plant House				
Luas	=	544,988	m <sup>2</sup>	
Tebal	=	0,006	m	
p Material Baja	=	7,85	ton/m <sup>3</sup>	
Berat	=	25,669	ton	

3. Konstruksi powerplant House				
Berat konstruksi, menurut pengalaman empiris 20% -30% dari berat lambung kapal (diambil 30%)				
Sehingga,				
Berat	=	19,692	ton	

3. Konstruksi desalination House				
Berat konstruksi, menurut pengalaman empiris 20% -30% dari berat lambung kapal (diambil 30%)				
Sehingga,				
Berat	=	7,701	ton	

4. Total				
Berat Total	=	118,704	ton	

TITIK BERAT HULL				
VCG <sub>hull</sub>	=	$0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_b)(L/D)^2)$		
	=	2,662 m		
<i>(Parametric design hal 11-25)</i>				
LCG <sub>hull</sub>	=	-0.15 + LCB		
	=	-0,481 % forward amidship		
	=	-0,323 m dari midship		
	=	32,534 m dari FP		

BERAT SUPERSTRUCTURE				
wdh	=	27,31	wcd	19,50
			wfd	7,40
wfdbelakang	=	5,94	wlfd	18,730066
wfd2	=	14,84		45,63
wwh	=	6,53	whull =	902,66891
				928,80



E & O Weight					
Wo	=	K L B			( Ship Design for Efficiency & Economy - SCHNEEKLUTH ; hal 168 )
K	=	outfit weight coefficient			
	=	0,28	t/m <sup>2</sup>		
Wo	=	384,2188	ton		

Crew					
deck department	jumlah	Engineer Department	jumlah	service department	jumlah
Captain	1	Chief Engineer	1	Cook	1
Chief Cook	1	1st engineer	1	Boys	1
Asisstant Cook	1	2nd engineer	1	Doctor	1
Seaman	3	Electrician	1		
1st Officer	1	Foreman	1		
		Fitter	1		
		Wiper	1		
		Oiler	1		
		Engineer system mechanical	1		
		engineer system electrical	2		
		Engineer system powerplant	2		
		RO specialist	1		
		WT specialist	1		
	7		15		3
				<b>Total</b>	<b>25</b>

Data Pelayaran			
Jarak Pelayaran	=	2674,873	mil
Vk	=	12	knot
Lama Pelayaran	=	222,9061	jam
	=	9,288	hari
(rute sabang - merauke)	=	9,29	hari
SFR	=	193	g/kWhr
	=	0,000193	t/kWhr
MCR	=	960	KW
	=	1287	HP

Input power			
EHP	=	608,7826	KW
THP	=	597,9238	KW
DHP	=	1109,321	KW
SHP	=	1131,96	KW
BHP	=	1155,061	KW
MCR	=	1328,32	KW
MCRgen	=	318,7969	KW

1 . Fuel Oil						
Fuel Oil Weight			<i>( parametric design hal 11-24 )</i>			
$W_{FO}$	=	$(SFR \cdot MCR \cdot range/speed \cdot (1+margin))^2$	2 mesin			
margin	=	5 %				
$W_{FO}$	=	173,46 ton				
Fuel Oil Volume			<i>( Lecture of Ship Design and Ship Theory )</i>			
$V_{FO}$	=	$W_{fo}/\rho_{fo} + koreksi$	koreksi :			
$\rho_{fo}$	=	0,95 ton/m <sup>3</sup>	tambahan konstruksi	=	2 %	
			ekspansi panas	=	2 %	
$V_{FO}$	=	189,89 m <sup>3</sup>				
2 . Lube Oil						
Lube Oil Weight			<i>( parametric design hal 11-24 )</i>			
$W_{LO}$	=	60 ton	; medium speed diesel(s)			
Lube Oil Volume			<i>( Lecture of Ship Design and Ship Theory )</i>			
$V_{LO}$	=	$W_{lo}/\rho_{lo} + koreksi$	koreksi :			
$\rho_{lo}$	=	0,9 ton/m <sup>3</sup>	tambahan konstruksi	=	2 %	
			ekspansi panas	=	2 %	
$V_{LO}$	=	69,33 m <sup>3</sup>				
3 . Fresh Water						
Fresh Water Weight						
$W_{FW1}$	=	konsumsi air tawar crew	<i>( parametric design hal 11-24 )</i>			
	=	0,17 t • person • day				
	=	39,48 ton				
$W_{FW2}$	=	air tawar untuk pendingin mesin				
	=	$(2 \sim 5) \cdot BHP \cdot 10^{-3}$	<i>( Lecture of Ship Design and Ship Theory )</i>			
	=	4,620 ton				
$W_{FW}$ total	=	88,21 ton				
Fresh Water Volume			<i>( Lecture of Ship Design and Ship Theory )</i>			
$V_{fw}$	=	$W_{fw}/\rho_{fw} + koreksi$	koreksi :			
$\rho_{fw}$	=	1 ton/m <sup>3</sup>	tambahan konstruksi	=	2 %	
			ekspansi panas	=	2 %	
$V_{fw}$	=	91,73 m <sup>3</sup>				

4 . Crew & Effect						
Crew & Effect Weight					<i>( parametric design hal 11-25 )</i>	
$W_{C\&E}$	=	0,17	t/person			
	=	4,25	ton			
5 . Provisions & Stores						
Provisions & Stores Weight					<i>( parametric design hal 11-25 )</i>	
$W_{PR}$	=	0,01	t/(person • day)			
	=	4,645	ton			
6 . Auxiliary Engine Fuel Oil						
Diesel Oil Weight					<i>( Lecture of Ship Design and Ship Theory )</i>	
$W_{do}$	=	SFR • MCR • range/speed •(1+ margin)				
SFR	=	0,000195	t/kWh			
margin	=	5	%(5~ 10% )			
MCR	=	430	kW			
$W_{do}$	=	13,206	ton			
Diesel Oil Volume					<i>( Lecture of Ship Design and Ship Theory )</i>	
$V_{do}$	=	$W_{do}/\rho_{do} + \text{koreksi}$			koreksi :	
					tambahan konstruksi	= 2 %
$\rho_{do}$	=	0,85	ton/m <sup>3</sup>		ekspansi panas	= 2 %
$V_{do}$	=	16,16	m <sup>3</sup>			
7 . Berat Cadangan						
$P_r$	=	(0.5 ~ 1.5) % displacement			<i>( Lecture of Ship Design and Ship Theory )</i>	
	=	60,01	ton			
<b>Berat Total Crew &amp; Consumable</b>		=			403,78	ton

## Perhitungan Berat Total dan Titik Berat Total

### LWT (Light Weight Tonnage)

#### •Steel Weight

$$W_{st} = 1100,376 \text{ ton}$$

#### •Equipment and Outfitting Weight

$$W_{E\&O} = 384,219 \text{ ton}$$

#### •Machinery Weight

$$W_M = 104,187 \text{ ton}$$

#### •Powerplant

$$W_M = 579,700 \text{ ton}$$

#### •Desalination

$$W_M = 97,700 \text{ ton}$$

### DWT(Dead Weight Tonnage)

#### •Consumable Weight

$$W_{cons} = 399,870 \text{ ton}$$

#### •Payload (DO)

##### Powerplant

$$W_{payload} = 392 \text{ ton}$$

##### Desalination (Water)

$$W_{payload} = 1154 \text{ ton}$$

#### •Crew Weight

$$W_{crew} = 3,910 \text{ ton}$$

$$\text{Disp.} = 4376,000 \text{ ton}$$

$$\text{LWT} = W_{st} + W_{E\&O} + W_M$$

$$= 2266,182 \text{ ton}$$

$$\text{DWT} = W_{Cons} + W_{crew} + \text{Payload}$$

$$= 1949,650 \text{ ton}$$

$$\text{LWT} + \text{DWT} = 4215,831 \text{ ton}$$

$$\text{Selisih Displacement dengan (LWT+DWT)} = 160,169 \text{ ton}$$

$$\text{Margin} = 4,00 \%$$

Margin OK

## Perhitungan Lambung Timbul

Kapal sungai merupakan kapal dengan panjang lebih dari 40 m.  
Sehingga untuk menghitung lambung timbul menggunakan ketentuan Internasional Convention on Load Lines (ICLL) 1966.

### Input Data

$L_{PP}$	=	64,42	m
$L_{WL}$	=	67,00	m
B	=	21,30	m
H	=	5,45	m
T	=	4,10	m
V	=	4144,000	m <sup>3</sup>
$D_{moulded}$	=	5,45	m
$0.85 D_{moulded}$	=	4,633	m
$C_B$	=	0,7	

### Tipe Kapal

(ICLL) International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27 menyebutkan:

Kapal Tipe A adalah:

- Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka
- Kapal yang memiliki tingkat permeabilitas rendah pada ruang muat

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal penyeberangan katamaran termasuk kapal Tipe B

### Lambung Timbul (ICLL Chapter 3, Reg. 28, Freeboard Table for Type B Ships)

30	250	66	653	102	1166
31	258	67	666	103	1181
32	267	68	680	104	1196
33	275	69	693	105	1212
34	283	70	706	106	1228
35	292	71	720	107	1244
36	300	72	733	108	1260
37	308	73	746	109	1276
38	316	74	760	110	1293
--	---	--	---	---	---

$Fb_1$	=	706	mm	Untuk kapal dengan L = 70 m
$Fb_1$	=	70,6	cm	
	=	0,706	m	

Untuk kapal Tipe B dengan panjang dibawah 108 meter, tinggi freeboard ditambah 50 mm  
 (ICLL) International Convention on Load Lines - Chapter 3, Regulation 27

Fb <sub>2</sub>	=	756	mm				
		0,756	m				

**Koreksi**

**Coefficient Block**

Koreksi C <sub>B</sub> hanya untuk kapal dengan C <sub>B</sub> > 0.68							
C <sub>B</sub>	=	0,7					
koreksi C <sub>b</sub>	=	C <sub>b</sub> + 0.68					
		1,36					
	=	1,014706					
F	=	767,1176	mm				

**Depth**

L / 15	=	4,466661					
D	=	5,45					
D > L / 15	; maka ada koreksi depth						
F <sub>b</sub>	=	R.(D-(L/15))					
R	=	L/0.48					<i>; Practical Ship Design pg. 309</i>
R	=	139,5832					
F <sub>b</sub>	=	137,2575	mm	=	0,137258	mm	
F <sub>b3</sub>	=	767,2549	mm				

**Koreksi lambung timbul untuk kapal dibawah 100 meter**

ICLL Chapter 3, Reg. 29							
Correction to the Freeboard for Ships under 100 metres (328 feet) in length							
E = panjang efektif bangunan atas							
Koreksi	=	7.5(100-L)(0.35-(E / L))	millimetres				
	=	-16,81	mm				
	=	-0,02	m				
Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas					=	-0,017	m

<b>Total Lambung Timbul</b>						
Fb'	=	Fb3 - Koreksi lambung timbul kapal dibawah 100 m				
	=	767,272	mm			
<b>Batasan</b>						
Lambung timbul sebenarnya						
Fb	=	H - T				
	=	1,35	m			
Lambung timbul sebenarnya harus lebih besar daripada yang disyaratkan						
<b>Kondisi</b>	=	<b>Ditolak</b>				

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang Disyaratkan	0,767	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1,35	m
Kondisi	<b>Diterima</b>	

	Rute		Consumable	DO	PT	FWD	BT
1	Home Base - Bencana	Berangkat	100	100	0	0	0
2		Tengah jalan	75	100	0	0	0
3		Sampai	50	100	0	0	0
4	Bencana (Water Tank 100%)	Anchor	50	100	100	100	100
5		Anchor	50	50	100	100	100
6		Anchor	50	0	100	100	100
7	Bencana (Water Tank 50%)	Anchor	50	100	50	50	50
8		Anchor	50	50	50	50	50
9		Anchor	50	0	50	50	50
10	Bencana - Home base	Berangkat	50	10	0	0	0
11		Tengah jalan	25	10	0	0	0
12		Sampai	10	10	0	0	0

Trim	
0,068 m	Trim by Stern
0,019 m	Trim by Stern
0,105 m	Trim by Stern
0,049 m	Trim by Stern
0,064 m	Trim by Stern
0,013 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern
0 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern
0,017 m	Trim by Stern
0,031 m	Trim by Stern

No	Criteria	3.1.2.1	3.1.2.1	3.1.2.1	3.1.2.2	3.1.2.3	3.1.2.4
		Area 0 to 30	Area 0 to 40	Area 30 to 40	Max GZ at 30	Angle Max GZ	Initial GMt
		Value	3,1513	5,1566	1,7189	0,2	25
Units	m.deg	m.deg	m.deg	m	deg	m	
1	LC 1	53,1205	85,8026	32,6821	3,561	56,4	7,726
2	LC 2	53,0294	85,7873	32,7578	3,585	56,4	7,716
3	LC 3	57,2179	91,7767	34,5588	3,74	57,3	8,287
4	LC 4	52,0836	84,6348	32,5512	3,592	56,4	7,583
5	LC 5	51,8757	83,6615	31,7859	3,433	55,5	7,564
6	LC 6	53,4178	85,7577	32,3399	3,47	56,4	7,783
7	LC 7	51,9623	82,9487	30,9865	3,255	54,5	7,599
8	LC 8	52,4826	82,6057	30,1231	3,071	41,8	7,72
9	LC 9	54,4311	85,432	31,001	3,157	41,8	8,008
10	LC 10	59,3126	94,0439	34,7313	3,656	56,4	8,633
11	LC 11	57,8701	90,9334	33,0634	3,384	43,6	8,5
12	LC 12	58,1408	91,1189	32,978	3,363	42,7	8,562
		Pass	Pass	Pass	Pass	Pass	Pass

Hull Construction Cost		(Ventura, 2017)					
$C_c$	=	$CA_c + CF_c$					
$m_c$	=	harga baja per ton		$Hh_c$	=	$P_c \times JO/ton$	
	=	\$ 650,00 per ton		$JO/ton$	=	30 (asumsi)	
$P_c$	=	$W_{st}$		$Hh_c$	=	33011,29	
	=	1100,376 ton		$mHh$	=	Biaya per JO	
$CA_c$	=	$P_c \times m_c$			=	\$ 12,00 (Ventura, 2017)	
	=	\$ 715.244,58					
$CF_c$	=	$Hh_c \times mHh$					
	=	\$ 396.135,46					
$C_c$	=	\$ 1.111.380,05					
			Plat Baja	<a href="https://www.alibaba.com/product-detail/Standard-ASTM-A36-Steel-Plate-Price-62225995460.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2e8043fbi4BAcV">https://www.alibaba.com/product-detail/Standard-ASTM-A36-Steel-Plate-Price-62225995460.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.2e8043fbi4BAcV</a>			

Equipment Cost		(Ventura, 2017)					
$C_E$	=	$P_E^{0.95} \times m_E + CF_E$					
$P_E$	=	$W_O$		$Hh_E$	=	$Z \times L \times B^{1/2}$	
	=	384,218772 ton		$Z$	=	350	
$m_E$	=	harga outfitting		$Hh_E$	=	104063,6	
	=	\$ 1.000,00 /ton		$mHh$	=	\$ 12,00	
$CF_E$	=	$Hh_E \times mHh$					
	=	\$ 1.248.763,04					
$C_E$	=	\$ 1.534.094,50					

Machinery Cost		(Ventura, 2017)					
$C_M$	=	$k1 \times P_{MCR}^{k2}$					
$P_{MCR}$	=	daya mesin					
	=	960 kW					
	=	1287,36 bhp					
$k1$	=	12507					
$k2$	=	0,647					
$C_M$	=	\$ 1.285.668,66 per unit					
jlh mesin	=	2 unit					
<b>total</b>	=	\$ 2.571.337,32					

	k1	k2
Diesel (2 stroke)	19,877	0.620
Diesel (4 stroke)	12,507	0.647
2 x Diesel (2 stroke)	14,141	0.650
Steam Turbine	38,480	0.540





BIAYA PEMBANGUNAN KAPAL			
No.	Item	Value	Unit
1	<b>Structural</b>		
	(Ventura, 2017)		
	Harga	\$ 1.111.380,05	
	Jumlah		1
	Total	\$ 1.111.380,05	
2	<b>Equipment &amp; Outfitting</b>		
	(Ventura, 2017)		
	Harga	\$ 1.534.094,50	
	Jumlah		1
	Total	\$ 1.534.094,50	
3	<b>Machinery</b>		
	(Ventura, 2017)		
	Harga	\$ 1.285.668,66	1 unit
	Jumlah		2 unit
	Total	\$ 2.571.337,32	
4	<b>Power Generator Set</b>		
	<a href="https://www.alibaba.com/product-detail/Honny-Power-Diesel-Generator-4000-kW_60839930469.html?spm=a2700">https://www.alibaba.com/product-detail/Honny-Power-Diesel-Generator-4000-kW_60839930469.html?spm=a2700</a>		
	Harga	\$ 492.800,00	1 unit
	Jumlah		5 unit
	Total	\$ 2.464.000,00	
5	<b>Genset oil pump</b>		
	(quotation) <a href="https://www.alibaba.com/product-detail/small-electric-monoblock-close-coupled-centrifugal_62020359669.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.edd65f21jpDQAU">https://www.alibaba.com/product-detail/small-electric-monoblock-close-coupled-centrifugal_62020359669.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.edd65f21jpDQAU</a>		
	Harga	\$ 3.978,00	1 unit
	Jumlah		5 unit
	Total	\$ 19.890,00	
	<b>Power Plant Exhaust Construction</b>		
	(Ventura, 2017)		
	Harga	\$ 10.100,00	1 unit
	Jumlah		5 unit
	Total	\$ 50.500,00	
6	<b>RO Desalinator</b>		
	(quotation) <a href="https://liermachine.en.made-in-china.com/product/XBOEqrVPrYhs/China-30tons-Reliable-Performance-Flake-Ice-Systems-Solution-Industrial-Flake-Ice-Machine.html">https://liermachine.en.made-in-china.com/product/XBOEqrVPrYhs/China-30tons-Reliable-Performance-Flake-Ice-Systems-Solution-Industrial-Flake-Ice-Machine.html</a>		
	Harga	\$ 20.000,00	1 unit
	Jumlah		15 unit
	Total	\$ 300.000,00	
7	<b>Jet Water Pump</b>		
	(quotation) <a href="https://www.alibaba.com/product-detail/80cbm-Chiller-refrigerator-freezer-Cold-Room_60462541808.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.3e075adfb5zwJO&amp;bypass=true">https://www.alibaba.com/product-detail/80cbm-Chiller-refrigerator-freezer-Cold-Room_60462541808.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.3e075adfb5zwJO&amp;bypass=true</a>		
	Harga	\$ 15.000,00	1 unit
	Jumlah		5 unit
	Total	\$ 75.000,00	
8	<b>Sea Water Pump</b>		
	<a href="https://ruihai.en.made-in-china.com/product/usxmtLebJzhc/China-125ton-Industrial-Mini-Size-Compact-Cooling-Towers.html">https://ruihai.en.made-in-china.com/product/usxmtLebJzhc/China-125ton-Industrial-Mini-Size-Compact-Cooling-Towers.html</a>		
	Harga	\$ 1.000,00	1 unit
	Jumlah		2 unit
	Total	\$ 2.000,00	
9	<b>Brine Water Pump</b>		
	<a href="https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-4000L-salt-water-underground_60306588509.html?spm=a2700.details.deiletai6.3.19e934b4ispXUw&amp;bypass=true">https://www.alibaba.com/product-detail/High-quality-4000L-salt-water-underground_60306588509.html?spm=a2700.details.deiletai6.3.19e934b4ispXUw&amp;bypass=true</a>		
	Harga	\$ 15.000,00	1 unit
	Jumlah		1 unit
	Total	\$ 15.000,00	
10	<b>Ballast Pump</b>		
	(quotation) <a href="https://www.alibaba.com/product-detail/small-electric-monoblock-close-coupled-centrifugal_62020359669.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.edd65f21jpDQAU">https://www.alibaba.com/product-detail/small-electric-monoblock-close-coupled-centrifugal_62020359669.html?spm=a2700.galleryofferlist.0.0.edd65f21jpDQAU</a>		
	Harga	\$ 500,00	
	Jumlah		4
	Total	\$ 2.000,00	
Total		\$ 8.092.701,86	
USD to IDR (Jul 2, 2020 06:13 UTC)		Rp	14.476,50 per 1 USD
Total in IDR		Rp	117.153.998.479,32

Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal				
Item	Price (USD)	Unit	Qty.	Total
Structural	\$ 1.111.380,05		1	\$ 1.111.380,05
Outfitting	\$ 1.534.094,50		1	\$ 1.534.094,50
Machinery	\$ 1.285.668,66	unit	2	\$ 2.571.337,32
Power Generator Set	\$ 492.800,00	unit	5	\$ 2.464.000,00
Genset oil pump	\$ 3.978,00	unit	5	\$ 19.890,00
Power Plant Exhaust Const	\$ 10.100,00	unit	5	\$ 50.500,00
RO Desalinator	\$ 20.000,00	unit	15	\$ 300.000,00
Jet Water Pump	\$ 15.000,00	unit	5	\$ 75.000,00
Sea Water Pump	\$ 1.000,00	unit	2	\$ 2.000,00
Brine Water Pump	\$ 15.000,00	unit	1	\$ 15.000,00
Ballast Pump	\$ 500,00	unit	4	\$ 2.000,00
Total				\$ 8.145.201,86
USD to IDR				Rp 14.476,50
<b>Total in IDR</b>				<b>Rp 117.914.014.729,32</b>
Total Adjustment				Rp 35.146.199.543,80
<b>Grand Total (IDR)</b>				<b>Rp 153.060.214.273,12</b>
			<b>USD to IDR</b>	
			<b>USD</b>	<b>IDR</b>
			\$ 1,00	Rp 14.476,50

(Jul 2, 2020 06:13 UTC)



**LAMPIRAN B**  
**RENCANA GARIS**

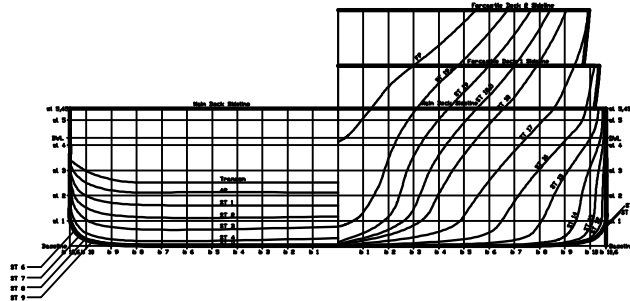
### Table Sheer Plan

Station	BL 0	BL 1	BL 2	BL 3	BL 4	BL 5	BL 6	BL 7	BL 8	Main Deck	Poop Deck	Forecastle Deck	Bulwark	Station
Transom	5.815	6.016	6.241	6.593	7.061	7.649	-	-	-	9.297	12.050	-	13.050	Transom
A	5.475	5.612	5.777	5.989	6.376	7.051	7.829	-	-	9.215	11.965	-	12.965	A
AP	5.170	5.284	5.386	5.511	5.808	6.424	7.291	-	-	9.133	11.883	-	12.883	AP
0.5	0.781	4.231	4.722	5.000	5.217	5.629	6.558	7.800	-	9.031	11.781	-	12.782	0.5
1	0.000	0.621	2.758	3.780	4.328	4.845	5.738	7.362	-	8.930	11.679	-	12.681	1
1.5	0.000	0.017	0.444	1.863	2.835	3.864	4.854	6.641	-	8.831	11.580	-	12.580	1.5
2	0.000	0.000	0.044	0.756	1.533	2.610	3.982	5.905	-	8.735	11.484	-	12.484	2
3	0.000	0.000	0.000	0.081	0.580	1.125	2.308	4.305	-	8.558	11.306	-	12.307	3
4	0.000	0.000	0.000	0.000	0.174	0.556	1.145	2.788	-	8.405	-	-	12.028	4
5	0.000	0.000	0.000	0.000	0.028	0.253	0.584	1.602	-	8.279	-	-	9.276	5
6	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.084	0.343	0.920	-	8.181	-	-	9.171	6
7	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.195	0.577	-	8.109	-	-	9.091	7
8	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.110	0.406	-	8.060	-	-	9.036	8
9	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.074	0.309	-	8.026	-	-	9.004	9
10	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-	-	8.000	-	-	9.000	10
11	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.236	-	-	8.049	-	-	9.024	11
12	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.058	0.250	-	-	8.115	-	-	9.085	12
13	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.063	0.255	-	-	8.212	-	-	9.191	13
14	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.071	0.471	-	-	8.356	-	-	9.351	14
15	0.000	0.000	0.000	0.016	0.025	0.178	0.856	-	-	8.555	-	-	9.572	15
16	0.000	0.000	0.000	0.028	0.125	0.312	1.696	-	-	8.808	-	-	9.839	16
17	0.000	0.000	0.076	0.068	0.225	0.562	3.312	-	-	9.115	-	-	10.134	17
18	0.000	0.000	0.020	0.258	0.876	1.000	5.520	-	-	9.471	-	-	10.873	18
18.5	0.000	0.000	0.049	0.424	1.156	2.632	7.765	-	-	9.663	-	12.759	13.835	18.5
19	0.000	0.048	0.196	0.647	1.743	4.919	-	-	-	9.861	-	12.962	14.019	19
19.5	0.080	0.308	0.923	2.553	5.578	9.813	-	-	-	10.062	-	13.165	14.202	19.5
FP	6.753	7.451	8.187	8.995	9.944	11.337	-	-	-	10.267	-	13.368	14.387	FP

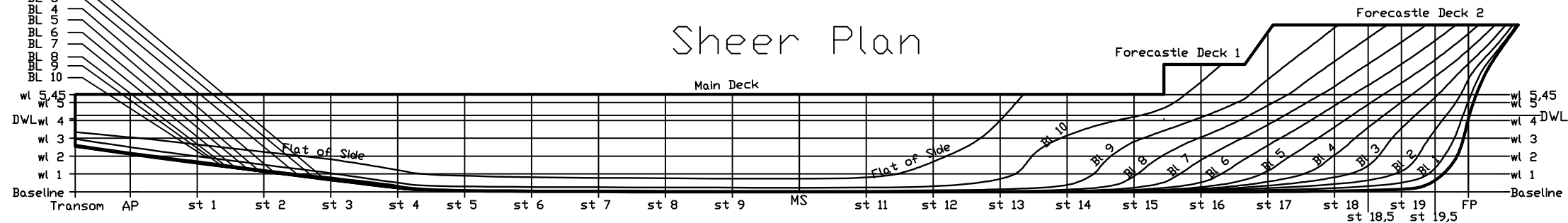
### Table Half Breadth Plan

Station	Baseline	W.L. 0.5	W.L. 1	W.L. 1.5	W.L. 2	W.L. 3	W.L. 4	W.L. 5	W.L. 5.55	W.L. 6.1	Main Deck	Poop Deck	Forecastle Deck	Bulwark	Station			
Transom	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1.372	5.681	7.200	-	7.358	Transom		
A	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.569	3.304	6.219	7.486	-	7.653	A	
AP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.876	AP	
0.5	-	0.461	0.565	0.448	0.106	0.655	2.905	4.874	5.560	7.156	7.895	-	-	-	-	7.992	0.5	
1	0.916	1.215	1.376	1.565	2.170	3.364	5.220	6.260	7.340	7.895	-	-	-	-	-	8.000	1	
1.5	2.074	2.343	2.692	3.201	4.087	5.149	6.036	6.470	6.762	7.497	-	-	-	-	-	8.000	1.5	
2	2.751	3.251	3.959	4.553	5.286	6.017	6.626	6.872	7.076	7.642	-	-	-	-	-	8.000	2	
3	3.844	4.820	5.457	5.813	6.410	6.888	7.221	7.357	7.484	7.833	-	-	-	-	-	8.000	3	
4	4.865	5.861	6.294	6.116	7.080	7.361	7.554	7.643	7.177	7.927	-	-	-	-	-	8.000	4	
5	5.757	6.537	6.937	7.203	7.507	7.664	7.773	7.818	7.860	7.971	-	-	-	-	-	8.000	5	
6	6.446	7.077	7.423	7.611	7.772	7.853	7.905	7.926	7.942	7.990	-	-	-	-	-	8.000	6	
7	6.875	7.465	7.728	7.834	7.918	7.954	7.972	7.979	7.987	7.997	-	-	-	-	-	8.000	7	
8	7.181	7.698	7.871	7.932	7.970	7.987	7.992	7.996	7.997	7.999	-	-	-	-	-	8.000	8	
9	7.385	7.817	7.927	7.964	7.987	7.995	7.998	8.000	8.000	8.000	-	-	-	-	-	8.000	9	
10	7.562	7.884	7.957	7.977	7.992	7.997	8.000	8.000	8.000	8.000	-	-	-	-	-	8.000	10	
11	7.622	7.900	7.961	7.978	7.988	7.990	8.000	8.000	8.000	8.000	-	-	-	-	-	8.000	11	
12	7.568	7.860	7.923	7.923	7.958	7.970	8.000	8.000	8.000	8.000	-	-	-	-	-	8.000	12	
13	7.379	7.717	7.805	7.841	7.881	7.915	7.938	7.950	8.000	8.000	-	-	-	-	-	8.000	13	
14	7.049	7.458	7.594	7.660	7.745	7.810	7.863	7.889	7.911	7.975	-	-	-	-	-	8.000	14	
15	6.558	7.098	7.300	7.408	7.547	7.656	7.745	7.784	7.825	7.929	-	-	-	-	-	8.000	15	
16	5.827	6.620	6.925	7.091	7.289	7.444	7.573	7.635	7.691	7.849	-	-	-	-	-	7.932	16	
17	5.150	6.020	6.455	6.700	6.973	7.164	7.330	7.418	7.493	7.708	-	-	-	-	-	7.850	17	
18	4.448	5.184	5.807	6.111	6.495	6.713	6.903	7.000	7.101	7.386	-	-	-	-	-	7.642	18	
18.5	4.132	4.785	5.401	5.750	6.107	6.356	6.522	6.623	6.734	7.034	-	-	-	-	-	7.637	18.5	
19	3.764	4.418	4.833	5.179	5.556	5.830	6.020	6.109	6.207	6.604	-	-	-	-	-	7.496	19	
19.5	2.412	3.094	3.574	3.781	4.181	4.516	4.839	5.000	5.132	5.572	-	-	-	-	-	7.182	19.5	
FP	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.000	2.176	-	-	-	-	6.023	6.561	FP

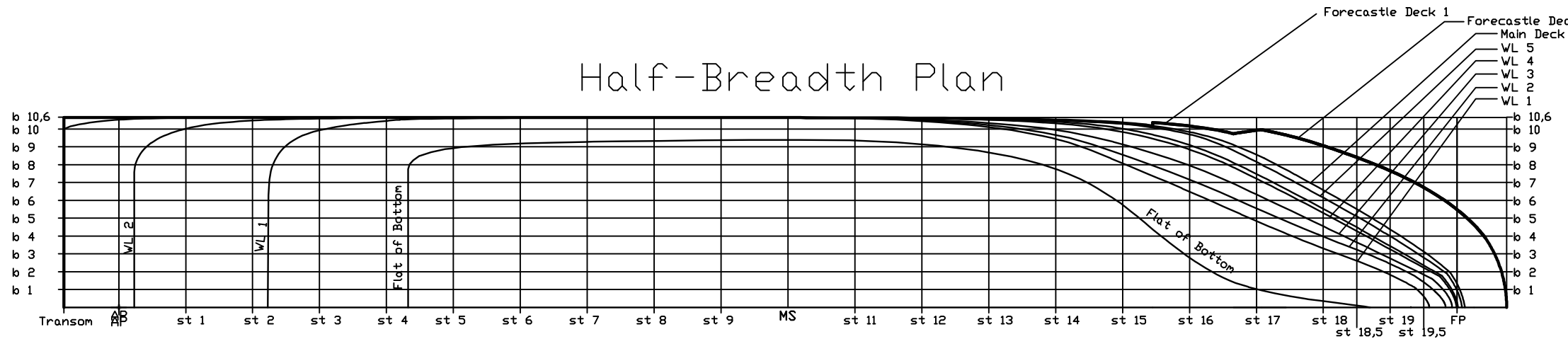
### Body Plan



### Sheer Plan



### Half-Breadth Plan



#### PRINCIPAL DIMENSIONS

LENGTH OVERALL (Loa)	80 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	75 m
BREADTH (B)	21.3 m
HEIGHT (H)	5.45 m
DRAUGHT (T)	4.28 m
SERVICE SPEED (Vs)	12 knot
CREW	25 Person

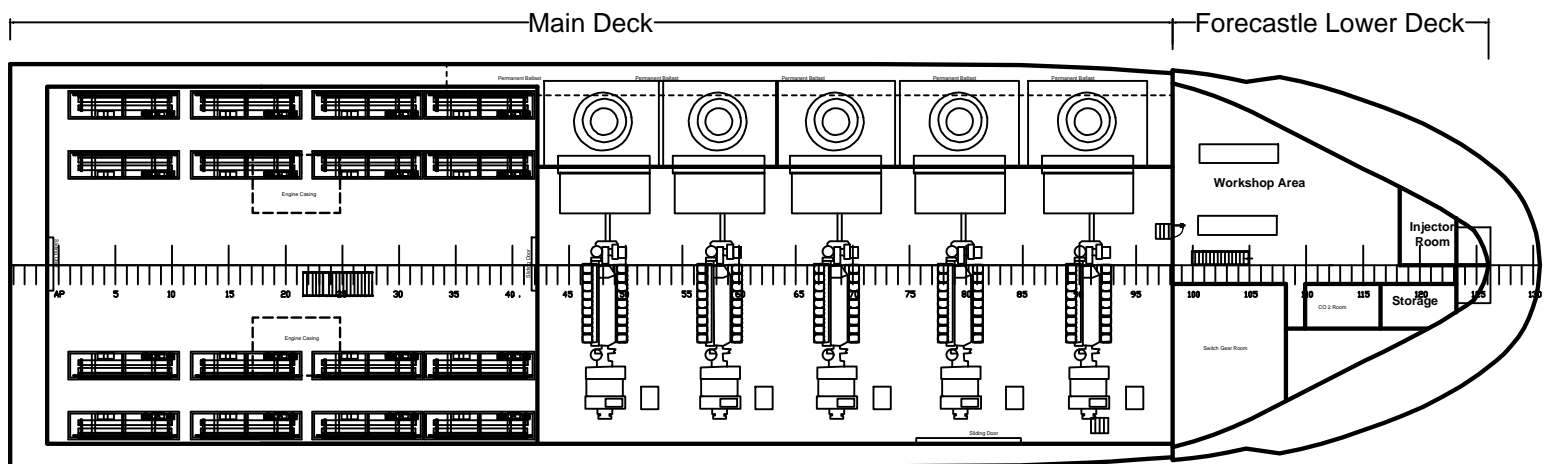
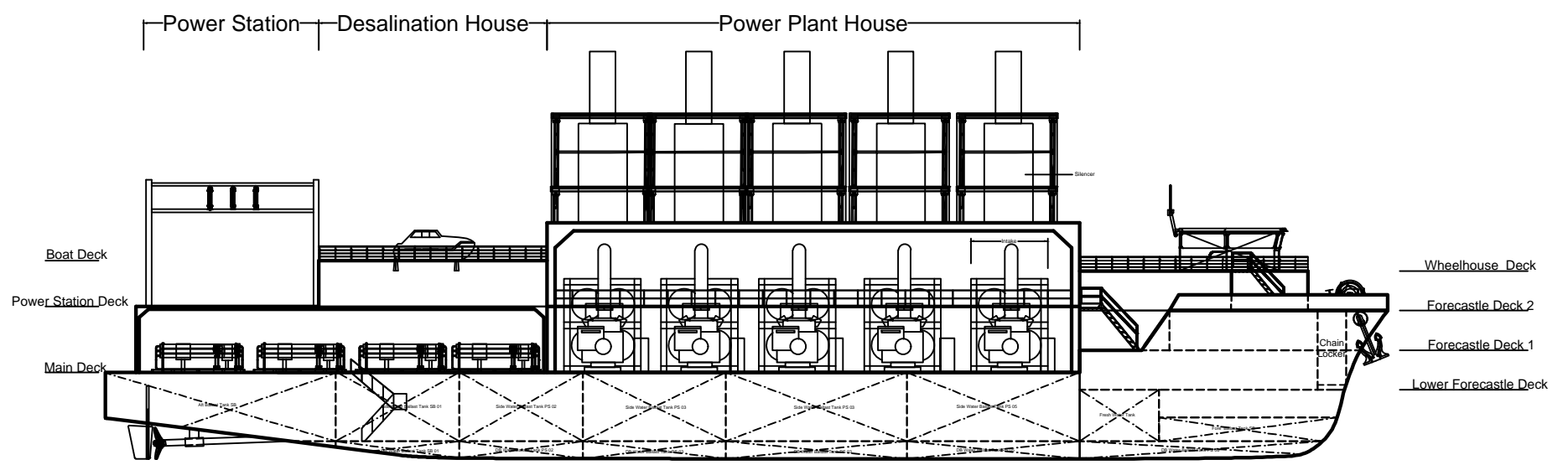


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

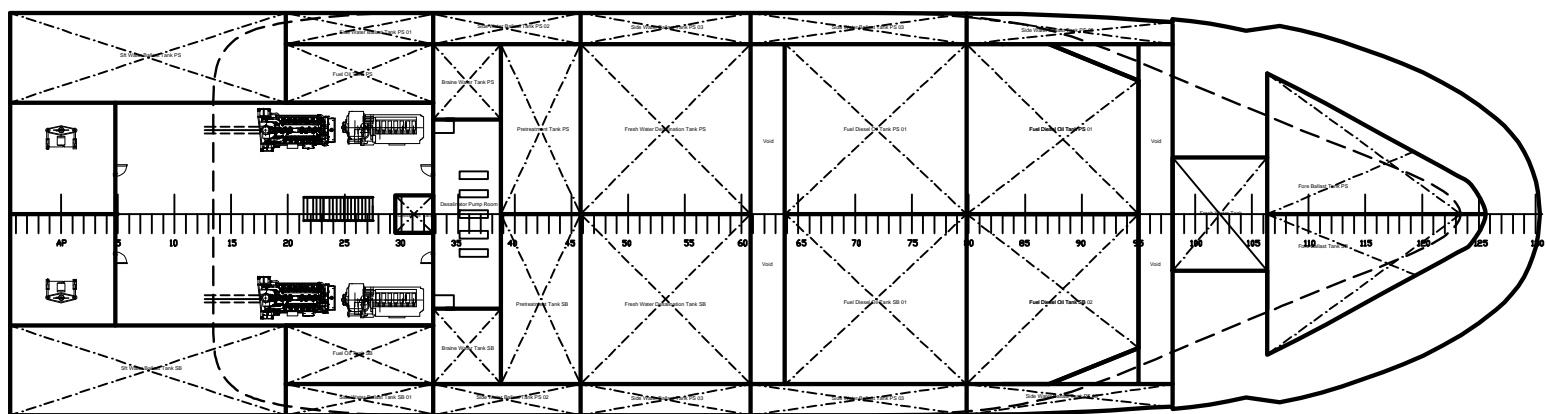
### TUGAS AKHIR LINES PLAN

SCALE	1 : 300	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Mochammad Amoranggoro			04111640000082
APPROVE	Ir. Hesty Anita Kurniawati M.Sc.			A3

**LAMPIRAN C**  
**RENCANA UMUM**

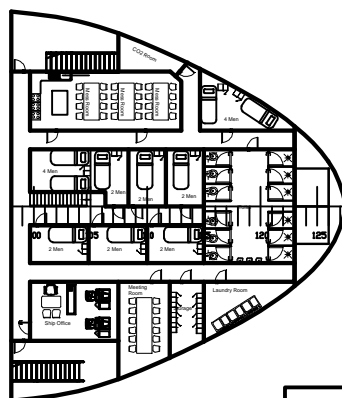
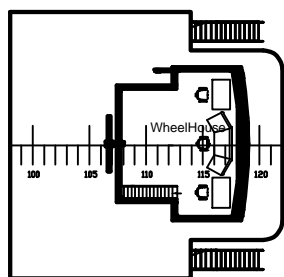


Bottom Deck



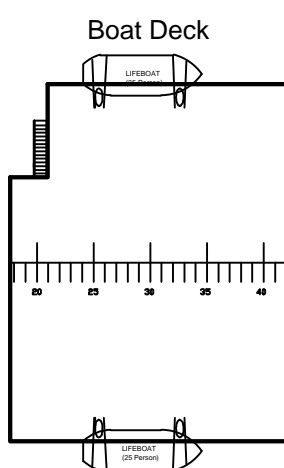
WH Deck

Forecastle deck 1



### PRINCIPAL DIMENSIONS

LENGTH OVERALL (Loa)	80 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (Lpp)	75 m
BREADTH (B)	21.3 m
HEIGHT (H)	5.45 m
DRAUGHT (T)	4.28 m
SERVICE SPEED (Vs)	12 knot
CREW	25 Person



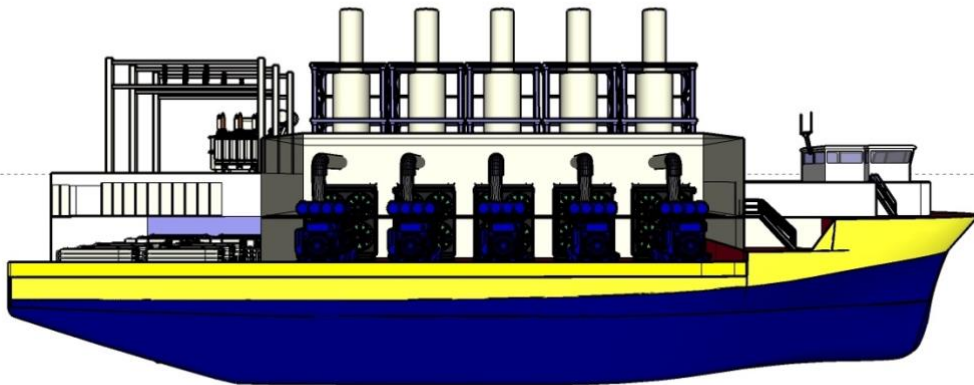
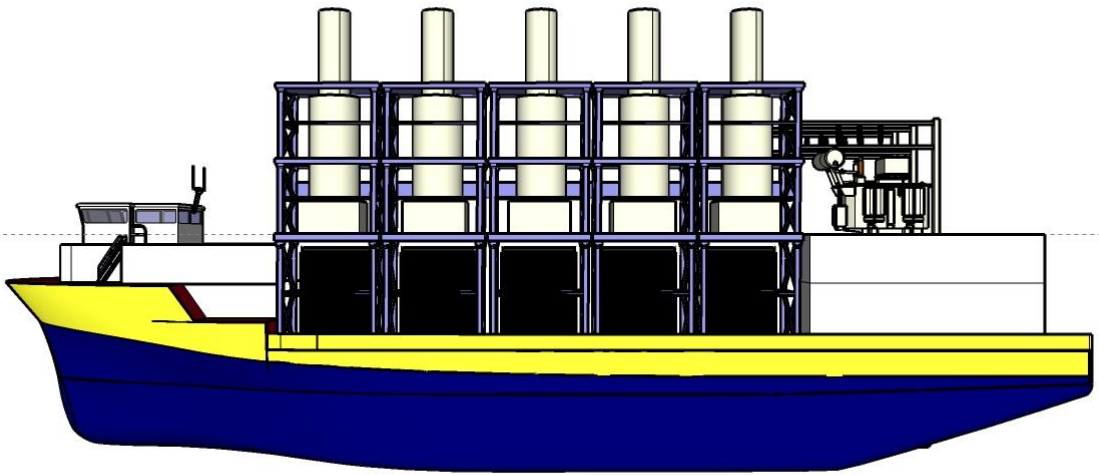
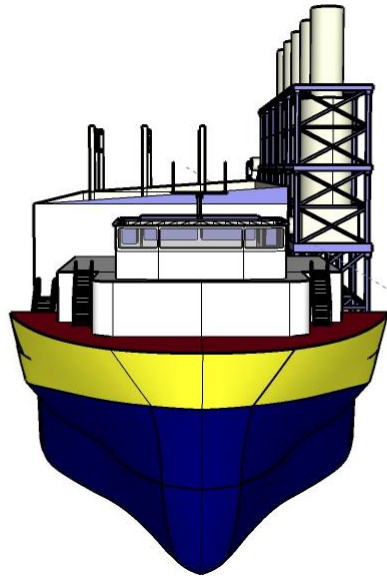
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

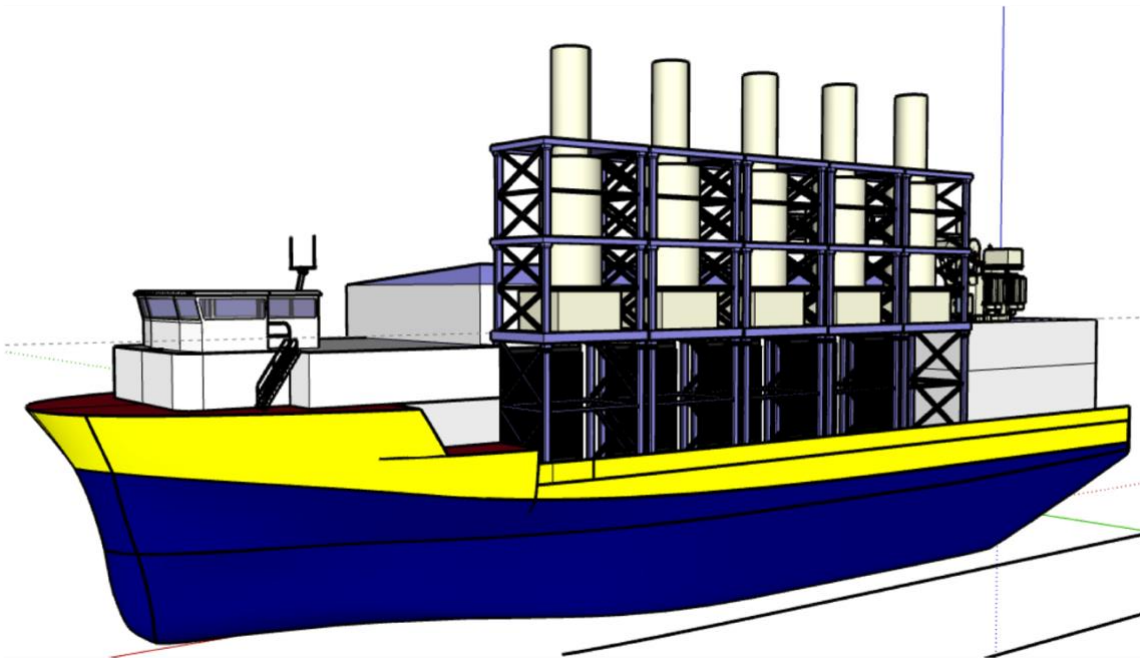
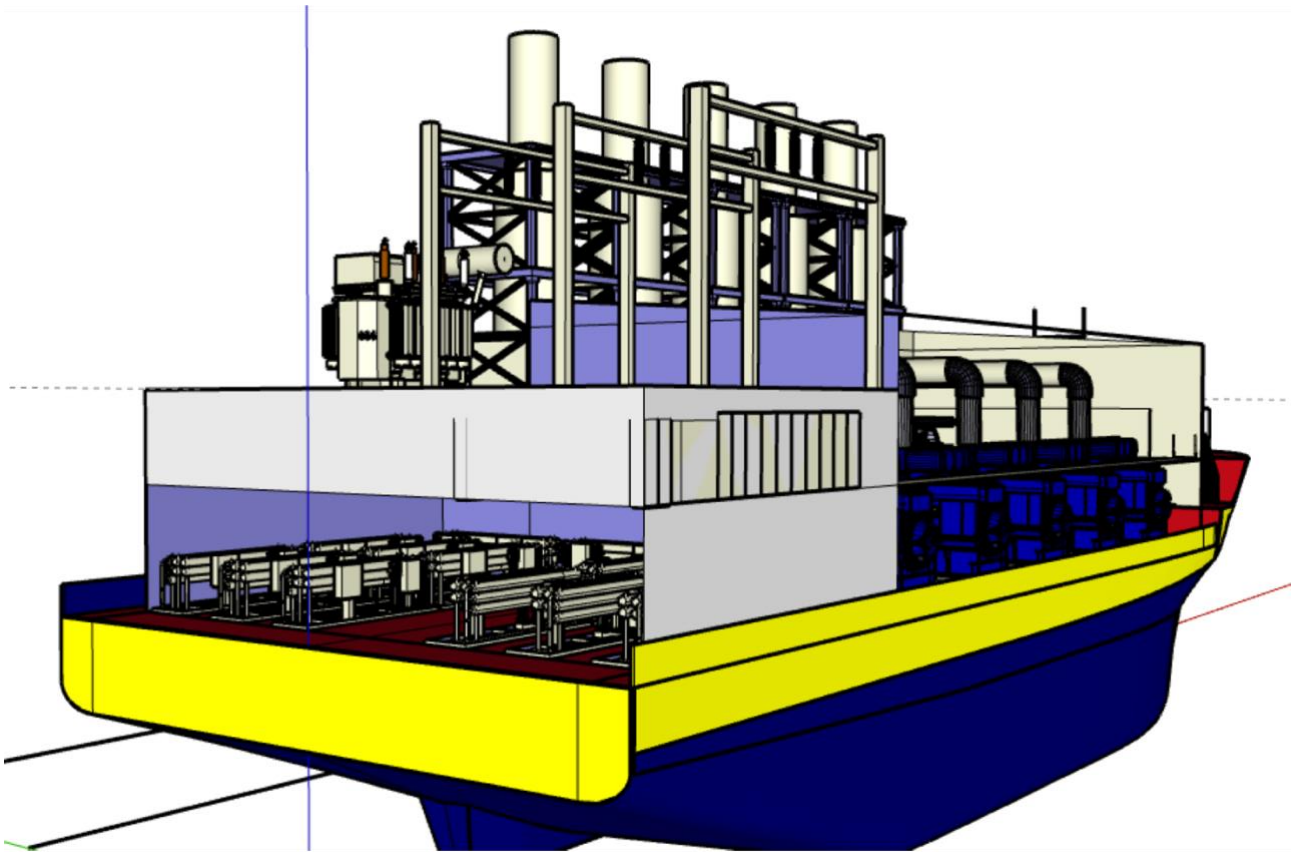
## MV BATARA NUSANTARA GENERAL ARRANGEMENT

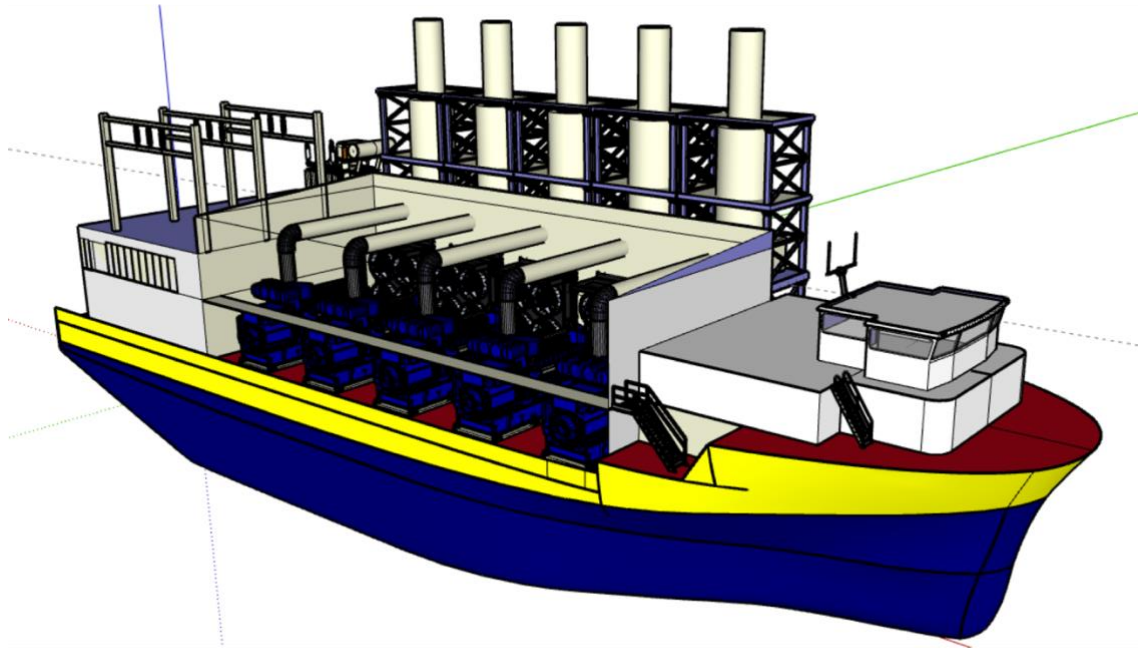
SCALE	1 : 400	SIGNATURE	DATE	
DRAWN	Mochammad Amoranggoro			0411164000082
APPROVED	Ir. Hesty Anita Kurniawati M.Sc.			A3



**LAMPIRAN D**  
**GAMBAR 3D**







## **BIODATA PENULIS**



Mochammad Amoranggoro Wendiego, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 22 September 1998 silam, Penulis merupakan anak Kedua dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Pembangunan Jaya melanjutkan ke SD Pembangunan Jaya , SMP Pembangunan Jaya, dan SMAN 70 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2016 melalui jalur PKM Mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi Kordinator Sponsorship SAMPAN 2018.

Email: [Amoranggoro@gmail.com](mailto:Amoranggoro@gmail.com)