



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**STUDI ELEKTRIFIKASI PENGGERAK UTAMA KAPAL  
PENYEBERANGAN RUTE KETAPANG - GILIMANUK**

**Chevi Cornilo Handika Putri  
NRP 0411134000041**

**Dosen Pembimbing  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.**

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



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**STUDI ELEKTRIFIKASI PENGGERAK UTAMA KAPAL  
PENYEBERANGAN RUTE KETAPANG - GILIMANUK**

**Chevi Cornilo Handika Putri  
NRP 0411134000041**

**Dosen Pembimbing  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.**

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



---

**FINAL PROJECT - MN 184802**

**STUDY OF ELECTRIFICATION OF RO-RO FERRY  
PROPULSION SYSTEM AT KETAPANG - GILIMANUK  
ROUTE**

**Chevi Cornilo Handika Putri  
NRP 0411134000041**

**Supervisor  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.**

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

## LEMBAR PENGESAHAN

### STUDI ELEKTRIFIKASI PENGGERAK UTAMA KAPAL PENYEBERANGAN RUTE KETAPANG – GILIMANUK

#### 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

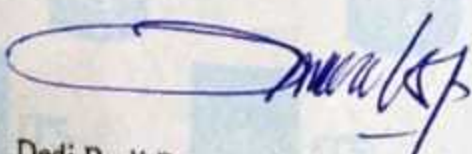
Oleh:

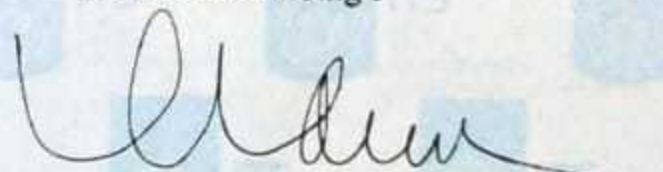
**CHEVI CORNILO HANDIKA PUTRI**  
NRP 0411134000041

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I

  
Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.  
NIP 19820320 201012 1 001

  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
NIP 196761029 200212 1 003

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



I. Wasis Dwi Aryan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 6 JANUARI 2020



## LEMBAR REVISI

### STUDI ELEKTRIFIKASI PENGGERAK UTAMA KAPAL PENYEBERANGAN RUTE KETAPANG - GILIMANUK

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 6 Januari 2020

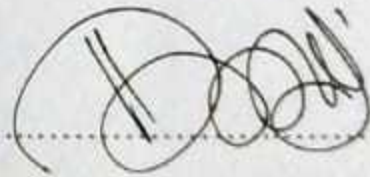
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

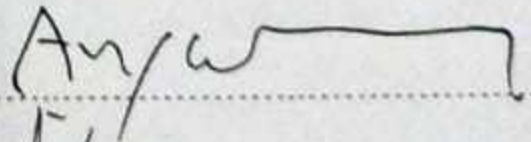
**CHEVI CORNILO HANDIKA PUTRI**  
NRP 04111340000041

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

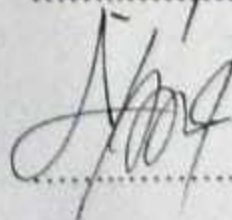
1. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.



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

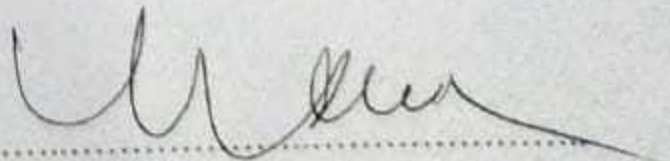


3. Danu Utama, S.T., M.T.

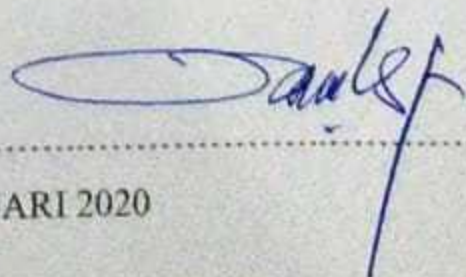


Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



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



SURABAYA, 6 JANUARI 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. Bapak Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. dan Bapak Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Bapak Aditya selaku pembimbing dari PT. ASDP Indonesia Ferry cabang Banyuwangi yang sudah bersedia membantu dalam proses pengambilan data kapal KMP. Prathita IV.
3. Bapak Dony, Bapak Wasis, dan Bapak Danu selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Ersyad dan Ibu Febri selaku penguji partisipan yang sudah memberikan banyak saran dan masukan untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir;
5. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
6. Mama, Papa, Dito, dan Naufal, karena tanpa kalian penulis bisa sampai seperti ini.
7. Teman-teman seperjuangan yang sudah mau membantu dan direpoti oleh penulis, Ody P53, Ericza P53, Laura P53, Ridho P53, mas Wafa P52 dan mas Rozak P52.
8. Dan untuk Syahputra Rudy Hamsyah, terimakasih karena sudah menjadi orang paling setia dan memotivasi dalam hidup penulis.

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, 6 Januari 2020

Chevi Cornilo Handika Putri

# STUDI ELEKTRIFIKASI PENGGERAK UTAMA KAPAL PENYEBERANGAN RUTE KETAPANG - GILIMANUK

Nama Mahasiswa : Chevi Cornilo Handika Putri  
NRP : 04111134000041  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
2. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Elektrifikasi pada moda transportasi laut masih terhitung minim sekali di dunia internasional ini. Bahkan di Indonesia sendiri masih dalam sebatas konsep, belum ada penerapan atau produk secara langsung yaitu kapal yang menggunakan propulsi elektrik. Elektrifikasi disini mengarah kepada penggantian sistem propulsi kapal yang semula mesin diesel menjadi motor listrik. Sumber tenaga sistem propulsi ini berasal dari listrik dan tersimpan dalam baterai. Terbukti dari sistem elektrifikasi ini dapat memangkas biaya operasional hingga mencapai 80% serta meminimalisir emisi hingga 95%. Hal ini tentu saja merupakan contoh langkah yang sangat baik dalam proses pengurangan jumlah kadar emisi gas buang di udara yang semakin lama semakin meningkat. Selain itu juga sistem propulsi elektrik lebih ramah lingkungan, tidak menimbulkan getaran, dan tingkat kebisingan yang hampir tidak ada. Dalam penelitian ini akan dilakukan kajian untuk mengubah kapal yang existing yaitu KMP. Prathita IV dengan sistem propulsi elektrik. Kapal ini beroperasi *full* selama 24 jam, dengan jumlah total 8 kali *roundtrip*. Daya listrik yang diperlukan adalah sebanyak 12.441 kWh dan baterai sebanyak 216 rak baterai. Namun dalam kondisi aktual kapal, hal itu tidak dapat diterapkan karena displacemen kapal yang tidak memungkinkan serta ketersediaan kamar mesin yang tidak cukup untuk menampung semua baterai yang dibutuhkan. Setelah dilakukan analisis, maka jumlah baterai yang dapat ditampung adalah sebanyak 27 rak baterai serta diharuskannya melakukan pengisian ketika kapal sandar di Pelabuhan. Dengan jumlah *charger* sebanyak 7 buah yang masing-masing terpasang pada tiap pelabuhan, membutuhkan waktu selama 48 menit untuk proses pengecasan baterai dan hal ini pun berdampak pada jumlah pengurangan *roundtrip* kapal menjadi 7 kali *roundtrip* dalam sehari. Adapun biaya yang diperlukan untuk mengganti sistem propulsi menjadi propulsi elektrik sebesar Rp. 3,782,506,954.78.

Kata kunci: elektrifikasi, KMP. Prathita IV, baterai.

# **STUDY OF ELECTRIFICATION OF RO-RO FERRY PROPULSION SYSTEM AT KETAPANG – GILIMANUK ROUTE**

Author : Chevi Cornilo Handika Putri  
Student Number : 041111340000041  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
2. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Electrification in sea transportation modes is still very minimal in the international world. Even in Indonesia itself is still limited to the concept, there is no direct application or product that is the ship that uses electric propulsion. Electrification here leads to the replacement of ship propulsion systems which were originally diesel engines into electric motors. The power source of this propulsion system comes from electricity and is stored in batteries. Evidenced by this electrification system can cut operational costs by up to 80% and minimize emissions by up to 95%. This is certainly an example of a very good step in the process of reducing the amount of emissions in the air which is increasingly increasing. In addition, the electric propulsion system is more environmentally friendly, does not cause vibrations, and noise levels are almost non-existent. In this study, a study will be conducted to change the existing ship, KMP. Prathita IV with an electric propulsion system. This ship is in full operation for 24 hours, with a total of 8 roundtrips. The electric power needed is as much as 12,441 kWh and as many as 216 batteries a battery rack. However, in the actual condition of the ship, this cannot be applied due to ship displacement which is not possible and the availability of engine room which is not enough to accommodate all the batteries needed. After the analysis, the number of batteries that can be accommodated is as many as 27 battery racks and the required charging when the ship docked at the Port. With the number of chargers as many as 7 pieces each installed in each port, it takes 48 minutes for the battery charging process and this also has an impact on the number of ship roundtrip reductions to 7 roundtrip times a day. The cost required to replace the propulsion system into electric propulsion is Rp. 3,782,506,954.78.

Keywords: electrification, KMP. Prathita IV, battery.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
LEMBAR REVISI.....	ix
KATA PENGANTAR .....	xiii
ABSTRAK.....	xv
ABSTRACT .....	xvii
DAFTAR ISI .....	xix
DAFTAR GAMBAR.....	xxi
DAFTAR TABEL .....	xxiii
DAFTAR SIMBOL .....	xxv
BAB 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
1.5. Manfaat .....	2
1.6. Hipotesis .....	3
BAB 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. Kapal Motor Penyeberangan (KMP) .....	5
2.2. Kapal Motor Penyeberangan Bertenaga Listrik .....	6
2.3. Sistem Penggerak Elektrik di Kapal .....	14
2.3.1. Komponen-Komponen dari Sistem Propulsi Elektrik .....	16
BAB 3 METODOLOGI .....	23
3.1. Bagan Alir.....	23
3.2. Proses Pengerjaan .....	24
3.2.1. Pengumpulan Data .....	24
3.2.2. Identifikasi Daya Mesin Induk + Kebutuhan Listrik (Genset) .....	24
3.2.3. Analisis Daya Motor Listrik dan Perhitungan Jumlah Baterai .....	25
3.2.4. Perhitungan Berat Sistem dan Ketersediaan Ruang KM .....	25
3.2.5. <i>Layout</i> Kamar Mesin.....	25
3.2.6. Perhitungan Stabilitas .....	25
3.2.7. Perhitungan <i>Endurance</i> Kapal .....	25
3.2.8. Analisis Biaya .....	25
BAB 4 KMP. PRATHITA IV .....	27
4.1. Spesifikasi KMP. Prathita IV .....	27
4.2. Rencana Umum dan <i>Layout</i> Kamar Mesin.....	28
4.3. Pola Operasi KMP. Prathita IV .....	29
4.4. Kebutuhan Daya Listrik KMP. Prathita IV .....	30
BAB 5 ANALISIS TEKNIS.....	33
5.1. Komponen Sistem Propulsi Elektrik .....	33
5.1.1. Kapasitas Baterai untuk Sistem Propulsi Kapal.....	33
5.1.2. Kapasitas Genset untuk Kebutuhan Listrik Kapal .....	35
5.1.3. Motor Listrik .....	36
5.1.4. <i>Main Switch Board</i> .....	37

5.1.5. Konverter.....	37
5.1.6. <i>Motor Driver</i> .....	38
5.2. Sistem Pengisian Baterai.....	38
5.3. Jenis Propulsi Kapal.....	41
5.4. <i>Layout</i> Kamar Mesin.....	41
5.5. Perhitungan Stabilitas untuk <i>Layout</i> Kamar Mesin Baru.....	42
5.5.1. <i>Loadcase</i> 1 Muatan Penuh, <i>Consumable</i> 100% .....	42
5.5.2. <i>Loadcase</i> 2 Muatan Penuh, <i>Consumable</i> 50% .....	44
5.5.3. <i>Loadcase</i> 3 Muatan Penuh, <i>Consumable</i> 10% .....	46
5.5.4. <i>Loadcase</i> 4 Kapal tanpa Muatan, Penumpang Penuh, <i>Consumable</i> 100% .....	48
5.5.5. <i>Loadcase</i> 5 Kapal tanpa Muatan, Penumpang Penuh, <i>Consumable</i> 50% .....	50
5.5.6. <i>Loadcase</i> 6 Kapal tanpa Muatan, Penumpang Penuh, <i>Consumable</i> 10% .....	52
5.5.7. <i>Loadcase</i> 7 Kapal dalam Kondisi Kosong .....	54
5.6. Pemeriksaan Kondisi Trim Kapal .....	56
BAB 6 ANALISIS EKONOMIS .....	59
6.1. Biaya Investasi .....	59
6.1.1. Sistem Propulsi Mesin Diesel .....	59
6.1.2. Sistem Propulsi Elektrik.....	59
6.2. Biaya Operasional .....	60
6.3. Analisis Kelayakan Investasi .....	61
BAB 7 KESIMPULAN DAN SARAN .....	63
7.1. Kesimpulan .....	63
7.2. Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA .....	65
LAMPIRAN	
LAMPIRAN A Data Pendukung KMP. Prathita IV	
LAMPIRAN B <i>Layout</i> Kamar Mesin Baru	
LAMPIRAN C Perhitungan Teknis KMP. Prathita IV	
LAMPIRAN D Perhitungan Ekonomis KMP. Prathita IV	
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kapal Ferry Roro .....	5
Gambar 2.2 <i>Fast Ferry</i> .....	6
Gambar 2.3 Ampere .....	7
Gambar 2.4 Movitz.....	7
Gambar 2.5 e-Oshima.....	8
Gambar 2.6 <i>Color Hybrid</i> .....	9
Gambar 2.7 Enhydra.....	10
Gambar 2.8 Tycho Brahe.....	11
Gambar 2.9 Aurora .....	12
Gambar 2.10 <i>Future of Fjords</i> .....	12
Gambar 2.11 Ellen.....	13
Gambar 2.12 <i>Full Battery Power Propulsion</i> .....	15
Gambar 2.13 <i>Diesel Electric Propulsion with Battery</i> .....	15
Gambar 2.14 Baterai Primer .....	16
Gambar 2.15 Baterai Li-ion.....	17
Gambar 2.16 Baterai Li-Po.....	18
Gambar 2.17 Aki .....	18
Gambar 2.18 Baterai Ni-MH.....	19
Gambar 2.19 Generator .....	20
Gambar 2.20 <i>Main Switch Board</i> .....	20
Gambar 2.21 Konverter .....	20
Gambar 2.22 <i>Motor Driver</i> .....	21
Gambar 2.23 Motor Listrik.....	21
Gambar 2.24 Poros Propeller.....	22
Gambar 2.25 Propeller.....	22
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir .....	23
Gambar 4.1 KMP. Prathita IV .....	28
Gambar 4.2 Hasil <i>Redraw</i> RU dan <i>Layout</i> Kamar Mesin KMP. Prathita IV .....	29
Gambar 5.1 Daftar Tabel Baterai Nilar .....	34
Gambar 5.2 Baterai Nilar.....	34
Gambar 5.3 Genset UNIVERSAL.....	35
Gambar 5.4 Spesifikasi Genset UNIVERSAL .....	36
Gambar 5.5 Motor Listrik Omec Motors.....	36
Gambar 5.6 Tabel Deskripsi Omec Motors.....	37
Gambar 5.7 <i>Spectra Switchboard</i> .....	37
Gambar 5.8 Konverter WFCO.....	38
Gambar 5.9 Motor Driver .....	38
Gambar 5.10 <i>Charger ABB</i> .....	39
Gambar 5.11 Spesifikasi <i>Charger ABB</i> .....	39
Gambar 5.12 Skema Pengisian Baterai .....	40
Gambar 5.13 Sistem Propulsi Elektrik .....	41
Gambar 5.14 <i>Layout</i> Penempatan Baterai pada KM .....	41
Gambar 5.15 Kurva Lengan GZ Kondisi <i>Loadcase</i> 1 .....	43

Gambar 5.16 Kurva Lengan GZ Kondisi <i>Loadcase</i> 2 .....	45
Gambar 5.17 Kurva Lengan GZ Kondisi <i>Loadcase</i> 3 .....	47
Gambar 5.18 Kurva Lengan GZ Kondisi <i>Loadcase</i> 4 .....	49
Gambar 5.19 Kurva Lengan GZ Kondisi <i>Loadcase</i> 5 .....	51
Gambar 5.20 Kurva Lengan GZ Kondisi <i>Loadcase</i> 6 .....	53
Gambar 5.21 Kurva Lengan GZ Kondisi <i>Loadcase</i> 7 .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Jadwal Operasional KMP. Prathita IV .....	29
Tabel 4.2 Data Peralatan Listrik di Kapal .....	30
Tabel 5.1 Tabel Analisis Perhitungan Baterai .....	34
Tabel 5.2 Tabel <i>Loadcase</i> 1 .....	42
Tabel 5.3 Tabel Kondisi <i>Equilibrium</i> pada <i>Loadcase</i> 1 .....	43
Tabel 5.4 Kriteria Stabilitas Kondisi <i>Loadcase</i> 1 .....	44
Tabel 5.5 Tabel <i>Loadcase</i> 2 .....	44
Tabel 5.6 Tabel Kondisi <i>Equilibrium</i> pada <i>Loadcase</i> 2 .....	45
Tabel 5.7 Kriteria Stabilitas Kondisi <i>Loadcase</i> 2 .....	46
Tabel 5.8 Tabel <i>Loadcase</i> 3 .....	46
Tabel 5.9 Tabel Kondisi <i>Equilibrium</i> pada <i>Loadcase</i> 3 .....	47
Tabel 5.10 Kriteria Stabilitas Kondisi <i>Loadcase</i> 3 .....	48
Tabel 5.11 Tabel <i>Loadcase</i> 4 .....	48
Tabel 5.12 Tabel Kondisi <i>Equilibrium</i> pada <i>Loadcase</i> 4 .....	49
Tabel 5.13 Kriteria Stabilitas Kondisi <i>Loadcase</i> 4 .....	50
Tabel 5.14 Tabel <i>Loadcase</i> 5 .....	50
Tabel 5.15 Tabel Kondisi <i>Equilibrium</i> pada <i>Loadcase</i> 5 .....	51
Tabel 5.16 Kriteria Stabilitas Kondisi <i>Loadcase</i> 5 .....	52
Tabel 5.17 Tabel <i>Loadcase</i> 6 .....	52
Tabel 5.18 Tabel Kondisi <i>Equilibrium</i> pada <i>Loadcase</i> 6 .....	53
Tabel 5.19 Kriteria Stabilitas Kondisi <i>Loadcase</i> 6 .....	54
Tabel 5.20 Tabel <i>Loadcase</i> 7 .....	54
Tabel 5.21 Tabel Kondisi <i>Equilibrium</i> pada <i>Loadcase</i> 7 .....	55
Tabel 5.22 Kriteria Stabilitas Kondisi <i>Loadcase</i> 7 .....	56
Tabel 5.23 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas .....	56
Tabel 6.1 Daftar Harga Barang Sistem Propulsi Mesin Diesel .....	59
Tabel 6.2 Daftar Harga Barang Sistem Propulsi Elektrik .....	59
Tabel 6.3 Rincian Biaya Investasi .....	60
Tabel 6.4 Rincian Biaya Operasional Tetap .....	61
Tabel 6.5 Tabel Pendapatan Kapal .....	61
Tabel 6.6 <i>Cash flow</i> Investasi Kapal .....	62
Tabel 6.7 Hasil Analisis Investasi Kelayakan Kapal .....	62



## DAFTAR SIMBOL

$\Delta$	=	Displacement kapal (ton)
$B_1$	=	Lebar satu hull catamaran (m)
$C_b$	=	Koefisien blok
$F_n$	=	Froude number
$g$	=	Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
LOA	=	Length overall (m)
Lwl	=	Length of waterline (m)
B	=	Lebar keseluruhan kapal (m)
H	=	Tinggi lambung kapal (m)
T	=	Sarat kapal (m)
DWT	=	Dead weight tonnage (ton)
LWT	=	Light weight tonnage (ton)
LCG	=	Length center of gravity (m)
VCG	=	Vertical center of gravity (m)
$V_s$	=	Kecepatan dinas kapal (knot)
$\rho$	=	Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
$\tau$	=	Trim
P	=	Daya listrik (kW)
t	=	Waktu (jam)
E	=	Energi (kWh)
$W_s$	=	Berat sistem
$V_r$	=	Volume ruang

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Segala sesuatu tentang elektrifikasi tengah berkembang cukup pesat di dunia internasional, tak terkecuali Indonesia. Ditargetkan pada tahun 2030 Indonesia dapat menjadi basis produksi kendaraan elektrifikasi (*Electrified Vehicle*) untuk pasar domestik ataupun ekspor bersama dengan kendaraan bermotor dengan mesin bakar internal (*Internal Combustion Engine-ICE*) yang saat ini sudah berkembang (Syukra, 2019).

Elektrifikasi yang tengah marak berkembang masih seputar pada transportasi yang berada di darat. Untuk transportasi laut yang sudah beralih menggunakan sumber tenaga elektrik masih minim sekali. Bahkan di Indonesia sendiri masih belum ada kapal yang menggunakan sistem propulsi elektrik.

Di luar negeri, seperti Norwegia, Denmark, Jepang dan beberapa negara lainnya telah mengeluarkan transportasi laut berupa kapal ferry atau kapal penyeberangan yang menggunakan sistem propulsi elektrik diantaranya seperti Ampere, Movitz, e-Oshima, dll. Ada kapal yang menggunakan sistem propulsi *full* elektrik, dan ada pula yang menggunakan sistem propulsi *hybrid*. Pemilihan jenis propulsi ini disesuaikan dengan tingkat efisiensi, *endurance* kapal, banyaknya trip kapal dalam sehari, biaya, dll.

Terbukti dari sistem elektrifikasi ini dapat memangkas biaya operasional hingga 80% dan meminimalisir emisi hingga 95% (Permana, 2018). Hal ini merupakan contoh langkah yang sangat baik dalam proses pengurangan jumlah kadar emisi gas buang di udara yang semakin lama makin meningkat. Selain itu juga, sistem propulsi elektrik lebih ramah lingkungan, tidak menimbulkan getaran, dan tingkat kebisingan yang hampir tidak ada.

Dikarenakan Indonesia masih belum memiliki moda transportasi laut yang menggunakan tenaga listrik sebagai penggerak utama pengganti mesin diesel, maka dilakukanlah studi elektrifikasi terhadap mesin diesel kapal. Apakah jika tenaga penggerak kapal yang sebelumnya tenaga diesel yang kemudian diganti dengan tenaga listrik, cukup mengurangi dampak-dampak negatif yang ditimbulkan dari mesin diesel. Jika dinilai lebih

efektif dari segi desain, biaya dan perawatan serta efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan tidak ada atau mungkin berkurang namun tetap memiliki daya yang sesuai dengan kebutuhan kapal, maka dapat dilakukan penggantian dari mesin diesel menjadi motor listrik sebagai penggerak kapal.

Hal ini dilakukan untuk mengetahui efektif atau tidaknya penggantian mesin diesel menjadi motor listrik penggerak kapal, khususnya untuk kapal-kapal ferry ro-ro yang beroperasi di pelabuhan Ketapang-Gilimanuk.

## **1.2. Perumusan Masalah**

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

- a. Bagaimana mendapatkan kapasitas baterai yang dibutuhkan?
- b. Bagaimana mendapatkan *layout* kamar mesin baru dengan sistem penggerak motor listrik?
- c. Bagaimana menganalisis perbandingan biaya operasional dan biaya investasi antara sistem penggerak dengan mesin diesel dan motor listrik?

## **1.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

- a. Mendapatkan kapasitas baterai yang dibutuhkan.
- b. Mendapatkan *layout* kamar mesin baru dengan sistem penggerak motor listrik.
- c. Melakukan analisis perbandingan biaya operasional dan biaya investasi antara sistem penggerak dengan mesin diesel dan motor listrik.

## **1.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam Tugas Akhir ini adalah:

- a. Studi kasus KMP. Prathita IV

## **1.5. Manfaat**

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

- a. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut serta memajukan khazanah pendidikan di Indonesia.

- b. Secara praktek, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai inovasi energi tenaga penggerak kapal yang terbaru.

#### **1.6. Hipotesis**

Tenaga listrik untuk penggerak kapal ini dapat dijadikan inovasi sebagai tenaga penggerak kapal yang lebih efektif dari segi bahan bakar dan biaya dibandingkan dengan penggunaan mesin diesel pada kapal.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB 2

# STUDI LITERATUR

### 2.1. Kapal Motor Penyeberangan (KMP)

Kapal Motor Penyeberangan (KMP) atau ferry adalah kapal penyeberangan dalam tujuan jarak dekat atau bisa disebut sebagai transportasi pantai, sungai, dan danau (Wikipedia.org).

Selain mengangkut penumpang, KMP atau ferry biasa juga digunakan untuk mengangkut barang-barang kebutuhan mendesak seperti sayuran, daging, dan bahan makanan lainnya yang dikemas dalam kontainer yang berpendingin (*refrigerated container*), serta barang-barang curah lainnya yang berkapasitas sedikit seperti biji-bijian yang dikemas dalam goni ataupun wadah tertutup lainnya.

Ada beberapa tipe kapal ferry yang ada di Indonesia, antara lain:

#### 1. Roro Ferry

Roro disini adalah singkatan dari *Roll on Roll off*. Kapal ferry adalah sebuah alat transportasi penyeberangan antar pulau yang memuat penumpang maupun kendaraan. Kapal ini memiliki fungsi mirip jembatan yang bergerak. Sesuai dengan namanya *roll off roll on* atau *roll on roll of* adalah suatu kapal ferry yang mempunyai dua jalur pintu masuk depan dan pintu belakang. Penumpang beserta bawaan termasuk mobil, motor, bus, ataupun truk bisa masuk dari pintu depan dan keluar dari pintu belakang. Tempat muatan untuk kendaraan-kendaraan ditempatkan pada geladak utama (*main deck*) dan dibawah *main deck* (*under main deck*), untuk jenis roro yang lebih besar.



Gambar 2.1 Kapal Ferry Roro

(Sumber: <http://pancamr-teub.blogspot.co.id/2012/02/jalan-jalan-ke-sumenep-yuk-1.html>)

## 2. *Fast Ferry*

Kapal ini disebut *fast ferry* karena kecepatannya lebih cepat dari kapal ferry biasa. Biasanya kapal-kapal jenis ini dipakai di daerah perairan atau laut yang tidak bergelombang tinggi. Sehingga sangat cocok untuk transportasi pantai, sungai, dan danau yang tidak bergelombang besar.



Gambar 2.2 *Fast Ferry*  
(Sumber: <https://www.vineyardfastferry.com/>)

## 2.2. Kapal Motor Penyeberangan Bertenaga Listrik

Beberapa tahun terakhir ini, dunia tengah berlomba-lomba mendesain dan membangun kapal yang berpenggerak utama yang bersumber dari energi listrik tak terkecuali kapal ferry. Hal ini dilakukan dalam rangka misi untuk mengurangi jumlah emisi gas buang dari CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan zat-zat kimia lain yang dikeluarkan dari proses pembakaran mesin kendaraan berbahan bakar fosil. Berikut beberapa contoh kapal bertenaga listrik yang sudah beroperasi di dunia:

### 1. Ampere

Ampere atau dengan nama resmi *Zerocat* adalah kapal ferry yang memasang motor bertenaga listrik pertama di dunia dan resmi beroperasi pada Mei 2015. Kapal ini dibuat oleh Norwegian Shipyard Fjellstrand yang berbasis di Omastrand, Norwegia berukuran 80 x 20 meter berkapasitas 360 penumpang dan 120 kendaraan. Ampere bekerja sama dengan Norled dan Siemens yang saat ini tercatat sebagai pengguna kapal tersebut.

Melalui pemanfaatan tenaga listrik, Ampere dapat menghasilkan suara dan emisi yang lebih minim, berbeda dengan kapal ferry lain yang masih menggunakan bahan bakar fosil. Saat ini, kapal ini sudah beroperasi di Sognefjord, Norwegia untuk menunjang masyarakat yang ingin melakukan penyeberangan antara Lavik dan Oppedal dengan jarak 5,7 kilometer.



Gambar 2.3 Ampere  
Sumber: (<https://vesselfinder.com/>)

Kapal ferry satu ini dapat memangkas biaya operasional hingga 80% dan meminimalisir emisi hingga 95%. Bahkan, perusahaan ini juga turut mengembangkan *powertrain* listrik dan sistem baterai berkapasitas 1 MWh sehingga membuat kapal ini dapat melakukan perjalanan mencapai 34 kali dalam sehari dengan lama perjalanan 20 menit (Permana, 2018).

Siemens sendiri telah memasang 260 kWh baterai di tiap dermaga untuk mengisi ulang baterai pada kapal tanpa menyebabkan pemadaman sementara. Proses pengecasan ini dilakukan selama 10 menit ketika kapal sedang *loading* dan *unloading* kendaraan dan penumpang ([nordregio.se](http://nordregio.se)).

## 2. Movitz

Movitz merupakan kapal ferry yang dinaungi oleh *Sweden's Green City Ferries* yang memulai debutnya di bulan Agustus 2014. Movitz memiliki tenaga penggerak listrik dengan sistem "*supercharging*" yakni hanya membutuhkan 10 menit untuk mengisi ulang baterai sampai terisi penuh.



Gambar 2.4 Movitz  
(Sumber: <https://marinetraffic.com/>)

Kapal ini berukuran 23 x 4 meter dengan kapasitas 100 penumpang yang beroperasi diantara *Solna Strand* dan *Stockholm's Old Town*. Movitz sendiri awalnya merupakan kapal ferry berpengerak mesin diesel dengan daya sebesar 335 HP. Karena dalam misi yang bertujuan untuk mengurangi jumlah emisi dan kebisingan pada kapal, maka Vattenfall dan Echandia Marine melakukan kerja sama untuk mengganti mesin diesel pada Movitz dengan 2 motor listrik masing-masing berdaya 125 kilowatt yang dipasang dibagian luar *hull* di tiap sisinya untuk mempermudah proses *maneuver*.

Echandia Marine mendesain baterai *Nilar Nickel Metal Hybrid* berdaya 180 kWh dengan sistem “*supercharging*” selama 10 menit dan dapat beroperasi selama 1 jam penuh dengan kecepatan 9 knot. Proses pengisian baterai dilakukan ketika penumpang naik maupun turun. Menurut Echandia Marine elektrifikasi ini dapat mengurangi emisi gas buang dari CO2 sebanyak 130 ton dan NOx sebanyak 1,5 ton serta dapat memotong biaya operasional sebanyak 30% (Barry, 2014).

### 3. e-Oshima

e-Oshima adalah kapal ferry milik perusahaan *Oshima Building* yang merupakan sebuah perusahaan yang bermarkas di Nagasaki yang terkenal karena jajaran kapal ferry pengangkut curahnya. Kapal yang diberi nama e-Oshima ini tidak hanya menggunakan baterai sebagai penggerak kapal tersebut, melainkan juga untuk keperluan komunikasi, navigasi, dan perangkat nirkabel lainnya. Tidak hanya itu, baterai yang ada di e-Oshima ini juga digunakan untuk peralatan penerangan, sistem pendingin ruangan, dan perangkat lain yang digunakan ketika berlayar (Nurhalim, 2019).



Gambar 2.5 e-Oshima

Sumber: (<https://www.upsbatterycenter.com/blog/japans-first-battery-ship-e-oshima/>)



e-Oshima telah menghadiri upacara pemberian nama pada 12 Juni 2019. Kapal ini didesain dengan ukuran 35 x 10 meter dengan kapasitas 50 penumpang, 4 mobil, dan 1 bus berukuran besar. Daya baterai pada e-Oshima sendiri adalah sebesar 600 kWh dengan proses pengisian ulang sampai full hanya membutuhkan waktu selama 2,5 jam saja (Richard, 2019).

#### 4. *Color Hybrid*

*Color Hybrid* merupakan kapal ferry bertenaga *plug-in hybrid* yang didesain oleh Ulstein Verft di Norway. Kapal ini mulai beroperasi pada Mei 2019 dengan ukuran 160 x 33 meter berkapasitas 2.000 penumpang dan dapat menampung sekitar 430 sampai 500 mobil di dalamnya (ship-technology.com).



Gambar 2.6 *Color Hybrid*

Sumber: (<https://ulstein.com/news/2019/color-hybrid-delivered-from-ulstein-verft>)

Baterai pada *Color Hybrid* berdaya 5 MWh dan dapat beroperasi sampai 60 menit dengan kecepatan 12 knot. Baterai berdaya 5 megawatt ini dibebankan melalui kabel listrik dengan daya ramah lingkungan dari pembangkit listrik di dermaga di Sandefjord. Kapal ini juga dilengkapi dengan *reservoir* pemanas besar berkapasitas 5 megawatt/jam yang memanfaatkan panas limbah dari siklus air pendingin *engine* dan gas buang untuk keperluan pemanasan di atas kapal (Rayyan, 2019).

Untuk sistem propulsi *Color Hybrid* menggunakan konsep kombinasi dari *diesel-mechanical* dan *diesel-electric* sistem. Hal ini ternyata lebih hemat daripada *diesel-electric* sistem. Kombinasi ini dinilai lebih mempunyai tingkat efisiensi yang tinggi, kinerja yang cukup baik pada saat beban tinggi serta tingkat konsumsi bahan bakar yang sangat baik pada saat beban rendah.

## 5. Enhydra

Enhydra merupakan sebuah kapal ferry yang merupakan bagian dari sebuah perusahaan bernama *Red and White Fleet* berpusat di San Francisco, California Amerika. Enhydra dibangun pada tahun 2018 dan didesain dengan ukuran 42 x 10 meter dengan kapasitas 600 penumpang. Enhydra sendiri merupakan sebuah proyek dari *Red and White Fleet* dalam rangka mencapai armada nol emisi pada tahun 2025.



Gambar 2.7 Enhydra

Sumber: (<https://www.marinetraffic.com/en/ais/details/ships/368052630>)

Enhydra telah diluncurkan pada 13 Agustus 2018 di Bellingham Washington dan memulai debutnya di San Francisco pada 13 September 2018. Kapal ini memiliki sistem penggerak jenis *plug-in hybrid*, dan secara efisien bergerak dari mode listrik ke mode mekanis-elektrik tergantung pada beban. Hal ini dinilai memiliki nilai penghematan bahan bakar sebesar 20% sampai 30%.

Sistem pengisian baterai pada Enhydra masih dinilai cukup lama, yakni dalam waktu semalam. Untuk selanjutnya RWF secara aktif lebih meningkatkan infrastruktur tepi pantai yang diperlukan untuk proses pengisian ulang lebih cepat ([redandwhite.com](http://redandwhite.com)).

## 6. Tycho Brahe

Tycho Brahe merupakan bagian dari *ForSea*. *ForSea* sendiri adalah sebuah *shipping company* yang awalnya bernama HH-Ferries dan memutuskan untuk mengganti namanya menjadi *ForSea*. Tycho Brahe merupakan salah satu dari 5 kapal milik *ForSea* yang sudah mulai menggunakan baterai untuk lebih

mengurangi dampak lingkungan dari kapal ferry. Tycho Brahe sudah beroperasi *full* menggunakan tenaga baterai.



Gambar 2.8 Tycho Brahe

Sumber: ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tycho\\_Brahe\\_\(11853347315\).jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Tycho_Brahe_(11853347315).jpg))

Kapal dibangun pada tahun 1991 dengan panjang 111 meter dan lebar 28 meter serta dapat menampung 1.100 penumpang dan 238 mobil. Kapal ini beroperasi *full* selama 24 jam. Dalam sehari terhitung sebanyak 46 kali kapal ini melintas.

Kapasitas total dari baterai Tycho Brahe adalah sebesar 4.160 kWh, sedangkan sistem pengecasan berdaya 10,5 MW. Hal ini berarti Tycho Brahe selalu memiliki kelebihan listrik jika karena alasan tertentu kapal tidak dapat memuat selama kapal berhenti atau jika transit membutuhkan waktu yang lebih lama dari biasanya. Tycho Brahe melakukan 2 kali pengisian, yakni di Sweden selama 9 menit dan di Denmark selama 5 menit ([forseaf ferries.com](http://forseaf ferries.com)).

#### 7. Aurora

Aurora juga merupakan salah satu kapal ferry milik *ForSea* yang sudah beroperasi *full* menggunakan baterai. Aurora dibangun pada tahun 1992 dengan dimensi yang tidak jauh berbeda dari Tycho Brahe, yakni 111 x 28 meter. Namun dari segi kapasitas Aurora mampu menampung 1.250 penumpang dan 240 mobil yang jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan Tycho Brahe.

Aurora juga beroperasi penuh selama 24 jam dan terhitung sebanyak 46 kali melintas dalam seharinya. Kapasitas total baterai dan lama pengecasan yang dimiliki oleh Aurora pun tidak berbeda dari Tycho Brahe yakni sebesar 4.160 kWh dengan lama pengecasan 9 menit di Sweden dan 5 menit di Denmark ([forseaf ferries.com](http://forseaf ferries.com)).



Gambar 2.9 Aurora

Sumber: (<https://transporttidende.com/artikler/til-vands-c54/elektriske-hh-ferries-bliver-til-forsea-p48530>)

### 1. *Future of Fjords*

*Future of Fjords* merupakan kapal ferry dengan *catamaran hull* dan dibangun dengan menggunakan material aluminium. Kapal ini terbilang cukup baru karena dibangun pada tahun 2018 dengan panjang 42,04 meter dan lebar 15,2 meter dan berkapasitas 400 penumpang.



Gambar 2.10 *Future of Fjords*

Sumber: (<https://www.visitnorway.com/media/news-from-norway/see-the-spectacular-vessel-that-won-ship-of-the-year/>)

Kapasitas baterai pada kapal ini adalah sebesar 1.800 kWh dan memiliki daya yang cukup untuk mendorong 2 penggerak kapal yang masing-masing bertenaga 450 kW. Dengan kapasitas baterai yang cukup besar, kapal dapat melaju dengan kecepatan 16 knot dan beroperasi selama 90 menit (Ship Technology, 2018).

Untuk kedepannya Norwegia Brødrene Aa (BRAA) selaku perusahaan pemilik dari *Future of Fjords* akan berinovasi membuat solusi pengisian yang ditularkan



melalui air yang disebut *PowerDock*. *PowerDock* sendiri merupakan dermaga serat kaca yang mengapung dengan ukuran 40 x 5 meter dan di atasnya terdapat baterai berkapasitas 2,4 MWh. Solusi inovatif ini memungkinkan kapal untuk mengisi ulang secara stabil, dan efisiensi hanya dalam waktu 20 menit (Manthey, 2018).

#### 8. Ellen

Ellen mengklaim dirinya sebagai ferry bertenaga listrik paling kuat di dunia, dan memang dia adalah ferry pertama yang tidak memiliki mesin diesel cadangan atau generator darurat. Ellen didesain dengan panjang 60 meter dan lebar 13 meter berkapasitas 200 penumpang 31 mobil atau sekitar 5 truk. Rute pelayaran Ellen berada disekitar Søby di pulau Ærø dan Fynshav di Denmark. Kecepatan tertinggi yang dimiliki Ellen berkisar 13 – 15,5 knot dan dapat memangkas waktu dalam satu kali perjalanan menjadi 55 menit.



Gambar 2.11 Ellen

Sumber: (<https://www.cnn.com/2019/08/19/the-worlds-largest-all-electric-ferry-completes- maiden-voyage.html>)

Ellen memiliki 2 ruang baterai yang masing – masing ruangan berisi 10 rangkaian baterai berkapasitas total 2.150 kWh. Ketika kapal terisi penuh kapal memiliki daya sebesar 4,3 MWh, yang lebih dari cukup untuk menyelesaikan perjalanan pulang pergi sejauh 22 *nautical miles* sebelum akhirnya dilakukan pengecasan kembali.

Ellen juga dilengkapi dengan 2 propulsi yang masing - masing berdaya 750 kW dan 2 motor pendorong yang masing-masing berdaya 250 kW yang dikendalikan oleh inverter DC/AC, hal ini memudahkan kapal dalam hal *maneuver*. Sistem propulsi ini dapat mengurangi kebisingan gelombang secara signifikan (Tunncliffe, 2019).

### 2.3. Sistem Penggerak Elektrik di Kapal

Sistem penggerak pada kapal, atau yang sering disebut dengan propulsi adalah mekanisme atau sistem yang digunakan untuk menghasilkan daya dorong untuk memindahkan kapal atau perahu di air. Sebagian besar kapal–kapal modern didorong oleh sistem mekanis yang terdiri dari motor atau mesin yang memutar baling-baling (Wikipedia.org). Sedangkan untuk elektrik sendiri menurut Kamus Besar Bahasa Indonesia (KBBI) memiliki arti kata listrik. Sehingga dapat disimpulkan bahwa sistem penggerak elektrik adalah suatu sistem yang digunakan untuk menghasilkan daya dorong untuk memindahkan kapal atau perahu menggunakan sumber tenaga berupa daya listrik.

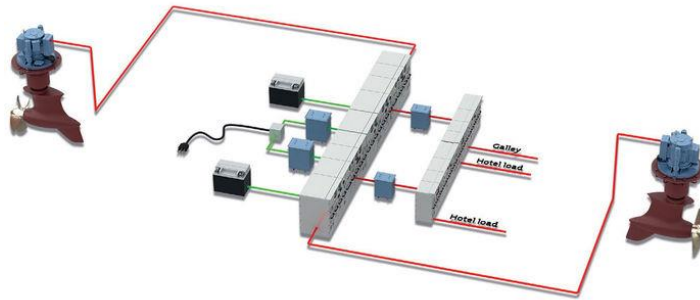
Dalam hal ini baterai sebagai sumber energi yang menyimpan listrik menggantikan posisi atau kinerja dari *main engine*, dimana baterai dihubungkan ke *switchboard* dan selanjutnya energi atau aliran listrik diteruskan ke *transformer*, kemudian dikonversi dengan menggunakan konverter ke motor listrik yang menggerakkan baling-baling kapal.

Pada awalnya sistem propulsi elektrik merupakan sebuah alternatif penggerak utama kapal yang sangat mahal dan kurang efisien. Hal ini terutama disebabkan oleh penggunaan konstruksi motor DC yang sangat besar dan berat. Kapal harus memiliki dua sistem elektrik yang terpisah, satu untuk melayani penggerak utama dan satunya untuk melayani permesinan bantu. Berkaitan dengan perkembangan teknologi yang pesat dari penerapan teknologi elektronika dan komputer, penerapan dari sistem DC ke sistem AC, sehingga sekarang ini memungkinkan untuk melengkapi sebuah kapal dengan sistem elektrik dengan kapasitas tenaga yang tak terbatas berdasarkan konsep *Power-station* (Syahrul, Wisyono, 2015).

Ada beberapa jenis rangkaian susunan propulsi elektrik pada kapal. Jenis-jenis tersebut adalah:

#### 1. *Full Battery Power Propulsion*

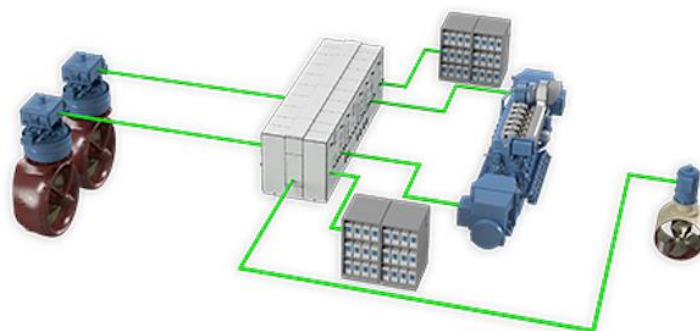
Sistem propulsi ini menggunakan energi yang bersumber *full* dari listrik. Segala jenis kelistrikan yang ada di kapal, serta tenaga penggerak utama kapal di *supply* oleh baterai. Oleh karena itu, baterai harus memiliki daya yang sesuai dengan kebutuhan kapal agar dapat mensupply secara penuh. Rata-rata kapal ferry yang berpengerak *full* dari listrik menyediakan komponen pengecasan di tiap dermaganya. Hal ini dilakukan agar ketika kapal dalam kondisi *loading/unloading* barang dan penumpang, kapal dapat sekaligus melakukan pengecasan agar kapal tetap bisa beroperasi penuh tanpa kehilangan daya ditengah-tengah perjalanan.



Gambar 2.12 *Full Battery Power Propulsion*  
 Sumber: (<https://www.pacmar.com/photos/big/497/12>)

1. *Diesel Electric Propulsion with Battery*

*Diesel electric propulsion* merupakan sistem propulsi yang lebih dikenal dengan sistem *hybrid*. Kapal yang menggunakan sistem *Diesel-electric power station*, tenaga bantu pada pelayanan kapal adalah secara elektrik, karenanya jika sistem propulsi utama juga menggunakan sistem elektrik maka semua kebutuhan tenaga di kapal tersebut akan dapat dihasilkan oleh mesin yang sama. Dengan menggunakan beberapa buah genset dan baterai maka akan memungkinkan untuk menyediakan tenaga listrik secara kontinyu dan teratur. Hal ini juga didukung dengan penggunaan sistem kontrol produksi listrik untuk mengoptimisasi *output* dari masing-masing generator listrik. Sistem propulsi ini hanya mampu memberikan efisiensi sebesar 85% - 89%. Rendahnya efisiensi disebabkan transmisi tenaga akan terjadi kehilangan daya disetiap tahapan (Suyadi, 2019).



Gambar 2.13 *Diesel Electric Propulsion with Battery*  
 Sumber: (<https://www.marineinsight.com/shipping-news/rolls-royce-launches-new-battery-system-for-ships/>)

Ada beberapa jenis sistem propulsi *hybrid*, yaitu:

a. *Hybrid* seri

Sistem ini menggunakan motor listrik sebagai penggerak utama, dan komponen mesin berbahan bakar mesin sebagai alat untuk mengisi baterai.

b. *Hybrid* parallel

Kegunaan motor listrik untuk membantu performa dari mesin berbahan bakar bensin dan untuk *start* awal dari kendaraan. Dalam hal ini motor listrik tidak dapat bekerja sendiri untuk menggerakkan kendaraan.

c. *Hybrid* seri-paralel

Motor listrik dan mesin berbahan bakar bensin bekerja secara bersama-sama atau antara motor listrik dan mesin berbahan bakar baterai bekerja secara sendiri-sendiri.

### 2.3.1. Komponen-Komponen dari Sistem Propulsi Elektrik

Berikut ini adalah komponen-komponen yang diperlukan dalam sistem propulsi elektrik:

1. Baterai

Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, komponen utama sistem propulsi elektrik adalah baterai. Baterai adalah alat untuk menghimpun dan membangkitkan aliran listrik. (kbbi.web.id). Baterai dianggap penting karena sumber utama dari listrik yang akan digunakan sebagai tenaga penggerak kapal pengganti mesin diesel adalah baterai. Semakin besar daya yang diperlukan dari suatu baterai, maka ukuran baterai berbanding lurus dengan daya yang diperlukan. Ada berbagai macam jenis baterai yang telah beredar di masyarakat (Ilham Ayu Putri Pratiwi, 2015):

A. Baterai Primer

Baterai primer adalah baterai yang hanya dapat digunakan sekali saja dan dibuang. Material elektrodanya tidak dapat berkebalikan arah ketika dilepaskan.



Gambar 2.14 Baterai Primer

Sumber: (<https://id.aliexpress.com/item/32864836598.html>)

## B. Baterai Sekunder

Baterai sekunder adalah baterai yang dapat digunakan dan diisi ulang beberapa kali, proses kimia yang terjadi di dalam baterai ada reversibel, dan bahan aktif dapat kembali ke kondisi semula dengan pengisian sel. Baterai sekunder pun banyak jenisnya, seperti:

- Baterai *Ion Lithium* (Li-ion atau LIB)

Didalam baterai ini, ion lithium bergerak dari elektroda negatif ke elektroda positif saat dilepaskan, dan kembali saat diisi ulang. Baterai Li-ion memakai senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya, berbeda dengan litium metalik yang dipakai di baterai litium non-isi ulang. Baterai ion litium umumnya dijumpai pada barang-barang elektronik konsumen.



Gambar 2.15 Baterai Li-ion

Sumber: (<http://teknopaldebran.blogspot.com/2017/05/penemu-lithium-ion-siapkan-inovasi.html>)

Baterai ini merupakan jenis baterai isi ulang yang paling populer untuk peralatan elektronik portabel, karena memiliki salah satu kepadatan energi terbaik tanpa efek memori, dan mengalami kehilangan isi yang lambat saat tidak digunakan. Selain digunakan pada peralatan elektronik konsumen, LIB juga sering digunakan oleh industri militer, kendaraan listrik, dan dirgantara. Sejumlah penelitian berusaha memperbaiki teknologi LIB tradisional, berfokus pada kepadatan energi, daya tahan, biaya, dan keselamatan intrinsik.

- Baterai *Lithium Polymer* (Li-Po)

Hampir sama dengan baterai Li-Ion akan tetapi baterai Li-Po tidak menggunakan cairan sebagai elektrolit melainkan menggunakan elektrolit

polimer kering yang berbentuk seperti lapisan plastik film tipis. Lapisan film ini disusun berlapis-lapis diantara anoda dan katoda yang mengakibatkan pertukaran ion. Dengan metode ini baterai LiPo dapat dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Diluar dari kelebihan arsitektur baterai LiPo, terdapat juga kekurangan yaitu lemahnya aliran pertukaran ion yang terjadi melalui elektrolit polimer kering. Hal ini menyebabkan penurunan pada *charging* dan *discharging rate*. Masalah ini sebenarnya bisa diatasi dengan memanaskan baterai sehingga menyebabkan pertukaran ion menjadi lebih cepat, namun metode ini dianggap tidak dapat untuk diaplikasikan pada keadaan sehari-hari. Seandainya para ilmuwan dapat memecahkan masalah



ini maka risiko keamanan pada batera jenis lithium akan sangat berkurang.

Gambar 2.16 Baterai Li-Po

Sumber: (<https://getective.com/teknologi-baterai-smartphone/>)

- Baterai *Lead Acid (Accu)*

Baterai *lead acid* atau biasa disebut aki merupakan salah satu jenis baterai yang menggunakan asam timbal (*lead acid*) sebagai bahan kimianya. Secara umum terdapat dua jenis baterai *lead acid*, yaitu: *starting battery*, dan *deep cycle battery*.



Gambar 2.17 Aki

Sumber: ([https://www.monotaro.id/corp\\_id/p102180723.html](https://www.monotaro.id/corp_id/p102180723.html))

- Baterai *Nickel-Metal Hydride* (Ni-MH)

Baterai jenis ini dibuat dengan komponen yang lebih terjangkau dan ramah lingkungan. Baterai Ni-MH menggunakan ion hidrogen untuk menyimpan energi, tidak seperti baterai *lithium ion* yang menggunakan *ion lithium*. Baterai Ni-MH terdiri dari campuran nikel dan logam lain seperti titanium. Baterai ini biasanya mengandung pula komponen logam lain seperti mangan, aluminium, kobalt, zirconium, dan vanadium. Logam-logam tersebut pada umumnya berfungsi sebagai penangkap ion hidrogen yang dilepaskan untuk memastikan tidak mencapai fase gas.



Gambar 2.18 Baterai Ni-MH

Sumber: (<https://id.aliexpress.com/item/32816576775.html>)

## 2. Generator Set

Generator listrik merupakan sebuah dinamo besar yang berfungsi sebagai pembangkit listrik. Generator listrik ini mengubah energi kinetik menjadi energi listrik. Generator listrik pertama kali ditemukan oleh *Faraday* pada tahun 1831. Pada saat itu, generator listrik dibuat dalam bentuk gulungan kawat pada besi yang berbentuk U. Generator listrik tersebut terkenal dengan nama Generator cakram *faraday*. Cara kerja generator listrik adalah menggunakan induksi elektromagnet, yaitu dengan memutar suatu kumparan dalam medan magnet sehingga timbul energi induksi. Terdapat 2 komponen utama pada generator listrik, yaitu: *stator* (bagian yang diam) dan *rotor* (bagian yang bergerak). *Rotor* akan berhubungan dengan poros generator listrik yang berputar pada pusat *stator*. Kemudian poros generator listrik tersebut biasanya diputar dengan menggunakan usaha yang berasal dari luar, seperti yang berasal dari turbin air maupun turbin uap.





Gambar 2.19 Generator

Sumber: (<https://infomars71.blogspot.com/2010/11/pengerjaan-genset-di-kapal-seagrass.html>)

### 3. Main Switch Board

*Main switch board* atau dinamakan panel listrik yang berfungsi untuk mengumpulkan tenaga listrik yang dihasilkan oleh satu atau lebih dari diesel generator sebelum didistribusikan ke beban listrik. Pada MSB terdapat beberapa panel indikator seperti tegangan, frekuensi, arus dan lampu indikator.



Gambar 2.20 Main Switch Board

Sumber: (<https://www.marineinsight.com/marine-electrical/what-are-the-main-safety-devices-for-main-switch-board-on-ship/>)

### 4. Konverter

Konverter dalam sistem propulsi elektrik merupakan salah satu komponen yang digunakan untuk mengkonversikan daya listrik bolak-balik (AC) dari MSB menjadi arus listrik searah (DC).



Gambar 2.21 Konverter

Sumber: (<https://evolveelectrics.com/products/500w-ac-dc-dc-converter>)



## 5. Motor Driver

*Motor drive* adalah peralatan yang berfungsi mengontrol putaran motor yang memanfaatkan dan mengendalikan energi listrik yang dikirim ke motor. *Driver* menyuplai listrik ke motor dalam jumlah yang bervariasi dan pada frekuensi yang berbeda-beda, sehingga secara tidak langsung mengendalikan kecepatan motor dan torsi. Untuk pengaturan kecepatan pada motor induksi dapat dilakukan dengan beberapa cara, yaitu:

- Mengatur jumlah kutub
- Mengubah frekuensi
- Mengubah tegangan stator

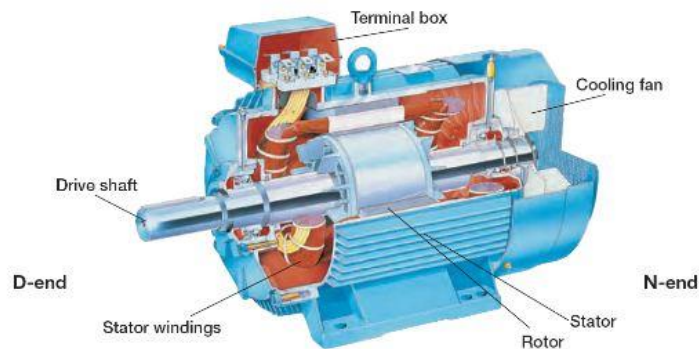


Gambar 2.22 *Motor Driver*

Sumber: (<https://www.zestweg.com/products/electric-motors/motor-drive-combos/direct-drive-for-cooling-towers>)

## 6. Motor Listrik

Motor listrik adalah alat untuk mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Cara kerja motor listrik yaitu melalui interaksi antara medan magnet motor listrik dan arus yang melewati yang digunakan untuk menghasilkan gaya linear atau gaya putar (*torsi*).



Gambar 2.23 Motor Listrik

(Sumber: <http://www.autoexpose.org/2017/05/komponen-motor-listrik.html>)

## 7. Poros Propeller

Poros propeller merupakan salah satu komponen dalam sistem propulsi elektrik yang digunakan untuk menghubungkan atau mentransmisikan daya yang dihasilkan oleh mesin di kapal ke propeller.



Gambar 2.24 Poros Propeller

Sumber: (<http://id.chinaacir.com/marine-propulsion-equipment/marine-shafts/316l-304-stainless-steel-forged-marine.html> /)

## 8. Propeller

Propulsor (alat gerak kapal) adalah alat yang dapat digunakan untuk memindahkan/menggerakkan kapal dari satu tempat ke tempat lainnya. Alat gerak kapal ini kemudian dibedakan menjadi dua yaitu, alat gerak mekanik dan non-mekanik. Alat gerak non-mekanik biasanya digunakan pada kapal-kapal konvensional. Sedangkan pada kapal-kapal sekarang sudah menggunakan alat gerak mekanik sebagai penggerakannya, yaitu propeller. Perkembangan propeller sangat pesat dan beragam. Hingga sekarang telah banyak jenis-jenis propeller yang lebih efektif dan efisien dalam penggunaannya. CPP (*Controllable Pitch Propeller*) adalah salah satu perkembangan dari propeller. *Controllable Pitch Propeller* adalah jenis propeller yang dapat mengubah *pitch* atau sudut daun propellernya. Sudut daun propeller tersebut nantinya akan disesuaikan dengan kebutuhan kapal

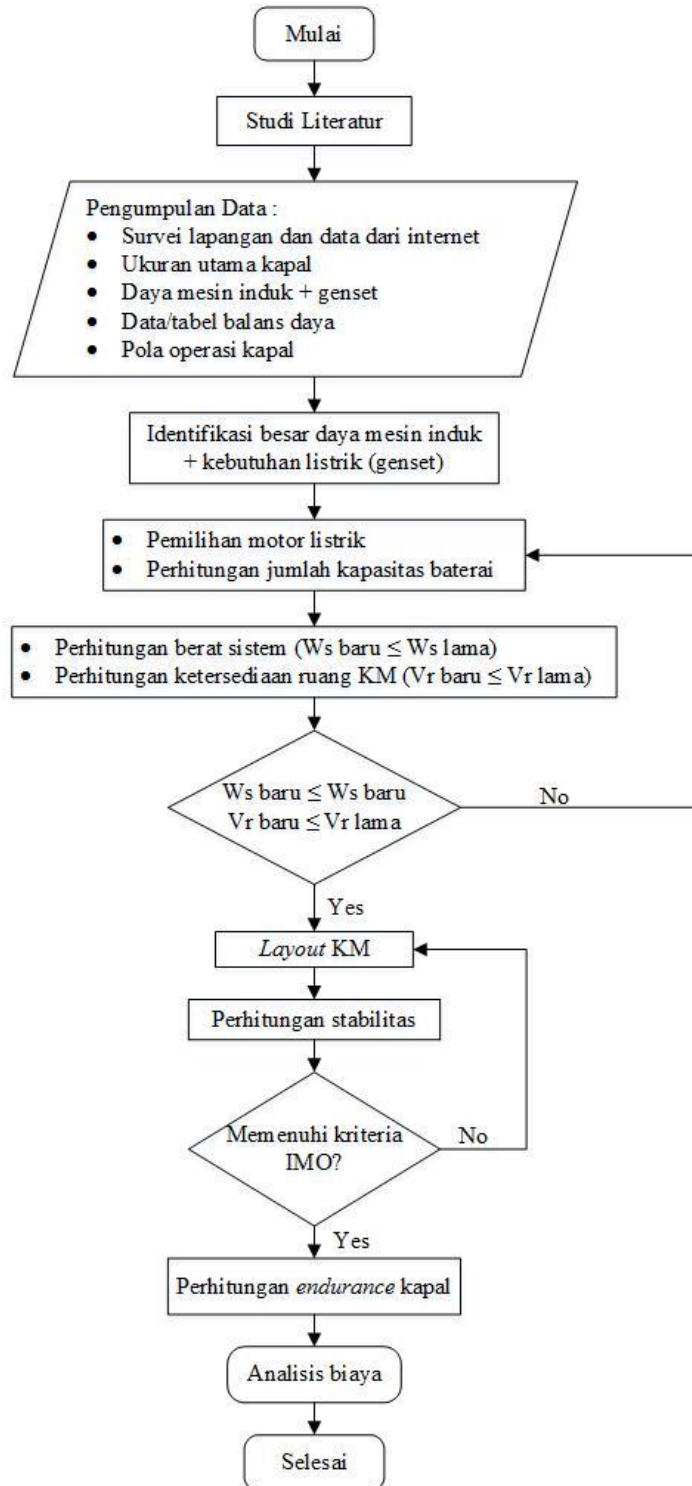


Gambar 2.25 Propeller

Sumber: (<http://tagoleki.com/berbagai-jenis-propeller-baling-baling-kapal/>)

# BAB 3 METODOLOGI

## 3.1. Bagan Alir



Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

## 3.2. Proses Pengerjaan

### 3.2.1. Pengumpulan Data

Pada tahap awal disini dilakukan proses pengambilan data-data kapal ke PT. ASDP Indonesia Ferry selaku *owner* dari KMP. Prathita IV serta mencari referensi dari internet guna menunjang proses awal pengerjaan kapal ferry roro ini. Data-data inilah yang nantinya menjadi patokan inti proses pengerjaan kedepannya. Adapun data-data yang dibutuhkan meliputi:

- Studi Literatur

Proses pengumpulan referensi yang relevan tentang Kapal Motor Penyeberangan (KMP) atau kapal ferry yang berpenggerak tenaga listrik. Hal ini bertujuan untuk menunjang serta menambah wawasan dalam proses pengerjaan Tugas Akhir ini.

- Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama KMP. Prathita IV yang diperoleh dari *owner* meliputi panjang kapal, lebar kapal, tinggi kapal, sarat kapal, daya *main engine*, daya genset, kapasitas tangki bahan bakar, dan lain sebagainya.

- Daya Mesin Induk + Genset

Identifikasi daya mesin induk + genset ini digunakan untuk mengetahui berapa daya dari mesin induk dan genset yang digunakan tiap harinya.

- RU dan *Layout* Kamar Mesin

*Layout* kamar mesin (Rencana Umum) ini digunakan untuk merubah tata letak dari kamar mesin diesel yang nantinya akan diganti menjadi motor listrik.

- Data/Tabel Balans Daya

Dikarenakan kapal tidak memiliki data/tabel balans daya, maka dilakukan pendataan secara manual semua komponen-komponen kelistrikan beserta daya dari tiap komponen yang ada di kapal.

### 3.2.2. Identifikasi Daya Mesin Induk + Kebutuhan Listrik (Genset)

Setelah data-data kapal diperoleh, kemudian barulah dilakukan identifikasi terhadap total besar daya dari *main engine* yang dirubah ke satuan listrik untuk dapat mengetahui berapa kebutuhan untuk dapat menggerakkan kapal.

### **3.2.3. Analisis Daya Motor Listrik dan Perhitungan Jumlah Baterai**

Total daya motor listrik ini didapatkan dari hasil perkalian dari daya *main engine* dengan total lama perjalanan kapal selama 24 jam. Dari hasil tersebut baru bisa ditentukan berapa jumlah baterai yang dibutuhkan oleh kapal.

### **3.2.4. Perhitungan Berat Sistem dan Ketersediaan Ruang KM**

Berat sistem ini meliputi berat motor listrik dan berat dari baterai-baterai. Perhitungan berat sistem ini diperlukan agar berat sistem yang baru tidak lebih berat dari sistem yang lama. Karena apabila berat sistem baru lebih berat, dapat mempengaruhi stabilitas dan keselamatan pada kapal. Selain itu juga penempatan sistem baru apakah cukup memadai jika ditempatkan pada ketersediaan kamar mesin pada kapal.

### **3.2.5. Layout Kamar Mesin**

Setelah penempatan berat sistem baru dan analisis biaya yang sesuai, barulah kemudian dibuat *layout* kamar mesin dengan sistem penggerak yang baru yang sudah digantikan oleh motor listrik dan baterai-baterai.

### **3.2.6. Perhitungan Stabilitas**

Setelah dilakukan penempatan baterai, motor listrik, dan komponen lainnya, lalu dilakukanlah perhitungan stabilitas. Tujuannya adalah untuk mengetahui apakah kapal tetap dalam kondisi stabil ketika komponen propulsi elektrik tersebut dipasang.

### **3.2.7. Perhitungan Endurance Kapal**

Setelah penempatan sistem yang baru pada kapal, dilakukan analisis pada kapal. Analisis ini bertujuan untuk mengetahui seberapa lama daya dapat bertahan dengan sistem operasional kapal selama 24 jam.

### **3.2.8. Analisis Biaya**

Setelah dilakukan identifikasi dan perhitungan, kemudian barulah dilakukan analisis perbandingan biaya operasional dan biaya investasi antara sistem penggerak dengan mesin diesel dan motor listrik. Analisis ini dilakukan bertujuan untuk menentukan biaya yang paling sesuai dengan sistem penggerak yang paling efisien.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 4**

### **KMP. PRATHITA IV**

#### **4.1. Spesifikasi KMP. Prathita IV**

KMP. Prathita IV merupakan kapal milik ASDP Indonesia Ferry cabang Ketapang yang dibangun pada tahun 1968. Adapun data-data kapal sebagai berikut:

1. **Nama Kapal/*call sign*** : KMP. Prathita IV/YEUZ
  - Tempat pembuatan/galangan : Jepang/NIPPON KABUSHUKI KAISA
  - Tahun pembuatan : 1968
  - Lintasan : Ketapang-Gilimanuk
  - Type kapal : Ro-ro *passanger* katamaran/lunas ganda
  - Klasifikasi : Biro Klasifikasi Indonesia
  - Ship register : Jakarta
2. **Ukuran Utama**
  - Panjang seluruh (LOA) : 41.44 m
  - Panjang (LBP) : 39.44 mf
  - Lebar (B) : 16 m
  - Dalam (D) : 4.10 m
  - Sarat air (d) : 2.35 m
  - GRT/NT : 565/152 T
3. **Mesin Utama**
  - Merk : DAIHATSU
  - Type : 6 PS TBM 26 DS
  - Tenaga kuda/PK : 650 PK x 2
  - Jumlah mesin : 2 (dua) unit
  - Kecepatan maksimum : 8 knot
  - RPM : 665 RPM
4. **Generator Mesin Bantu**
  - Merk : MITSUBISHI
  - Type : 6 D15-1AT2.1
  - Tenaga kuda/HP : 105 HP x 2
  - RPM : 1200 RPM

## 5. Kapasitas Tangki

- Tangki bahan bakar : kanan: 18 ton kiri: 18 ton
- Tangki air tawar : 5 ton
- Tangki ballast depan : kanan: 40 ton kiri: 40 ton
- Tangki ballast belakang : kanan: 40 ton kiri: 40 ton

## 6. Kapasitas Muat

- Jumlah penumpang : 293 orang
- Jumlah kendaraan : 24 unit (campuran)
- Jumlah ABK : 17 orang

## 7. Pintu Rampa

- Pintu rampa haluan : panjang: 6.18 m lebar: 4.30 m
- Pintu rampa buritan : panjang: 6.22 m lebar: 4.30 m
- Pintu rampa kiri : panjang: 4.69 m lebar: 4.60 m

## 8. Tinggi Cardeck

- Tinggi *cardeck* haluan : 3.90 m
- Tinggi *cardeck* buritan : 3.80 m



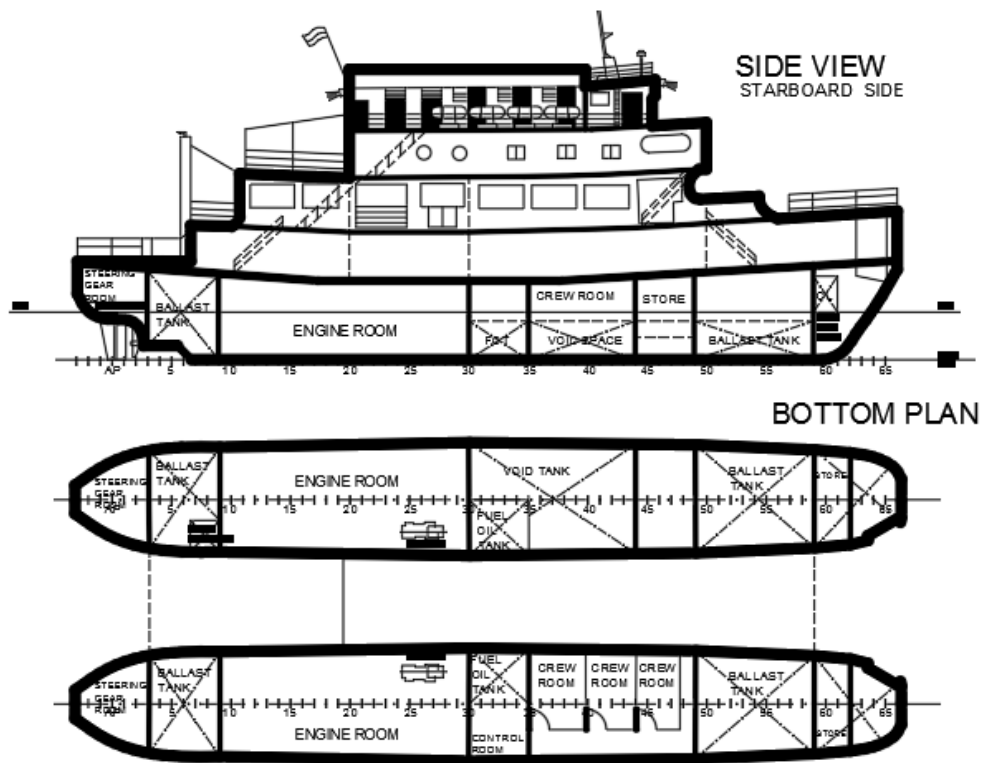
Gambar 4.1 KMP. Prathita IV

Sumber: ([https://www.indonesiaferry.co.id/kapal/detail\\_kapal/466](https://www.indonesiaferry.co.id/kapal/detail_kapal/466))

### 4.2. Rencana Umum dan *Layout* Kamar Mesin

Untuk gambar Rencana Umum KMP. Prathita IV, pihak ASDP Indonesia Ferry selaku *owner* dari kapal tidak memiliki data-datanya secara lengkap. Dan data yang diperoleh berupa gambar *safety plan*. Oleh karena itu perlu dilakukan *redraw* untuk mendapatkan RU dan *layout* KM kapal.





Gambar 4.2 Hasil Redraw RU dan Layout Kamar Mesin KMP. Prathita IV

### 4.3. Pola Operasi KMP. Prathita IV

KMP. Prathita IV milik ASDP cabang Ketapang Banyuwangi ini memiliki jumlah *roundtrip* yang cukup padat dalam seharinya. Terhitung kapal beroperasi penuh selama 24 jam *non stop* dengan total 8 kali *roundtrip* dalam sehari. Adapun untuk jadwal oprasi kapal secara jelasnya akan dilampirkan pada lampiran.

Tabel 4.1 Jadwal Operasional KMP. Prathita IV

Trip ke -	Ketapang		Gilimanuk	
	Datang	Berangkat	Datang	Berangkat
1	09.02	09.38	10.32	11.08
2	12.02	12.38	13.32	14.08
3	15.02	15.38	16.32	17.08
4	18.02	18.38	19.32	20.08
5	21.02	21.38	22.32	23.08
6	00.02	00.38	01.32	02.08
7	03.02	03.38	04.32	05.08
8	06.02	06.38	07.32	08.08

#### 4.4. Kebutuhan Daya Listrik KMP. Prathita IV

Kebutuhan listrik pada kapal meliputi semua peralatan diatas kapal yang menggunakan listrik sebagai sumber energinya. Peralatan tersebut dapat berupa lampu penerangan, pompa-pompa, *ramp door*, peralatan dapur, peralatan navigasi, dll.

Tabel 4.2 Data Peralatan Listrik di Kapal

Jenis Beban	Jumlah	Power (kW)	Total (kW)	Berlayar	Sandar
<b>Penerangan Ruangan</b>					
Lampu TL	6	0.026	0.156	0.156	0.208
Lampu <i>downlight</i>	32	0.001	0.032	0.032	0.036
<b>Peralatan Navigasi</b>					
Radar	1	0.05	0.05	0.05	0.05
GPS	2	0.01	0.02	0.02	0.02
<i>Echo sounder</i>	1	0.05	0.05	0.05	0.05
Lampu navigasi	4	0.06	0.24	0.24	0.24
Lampu darurat	4	0.06	0.24	0.24	0.24
Lampu sorot	2	1	2	2	2
Lampu labuh	1	0.65	0.65	0.65	0.65
<b>Peralatan Komunikasi</b>					
Radio	1	0.05	0.05	0.05	0.05
VHF marine	1	0.05	0.05	0.05	0.05
GMDSS	1	0.05	0.05	0.05	0.05
<b>Peralatan Lainnya</b>					
<i>Magic com</i>	4	0.45	1.8	0	0
Kompor listrik	1	1	1	0	0
Lemari es	3	0.1	0.3	0.3	0.3
AC	6	0.64	3.84	3.84	4.48
Pompa tanki harian	1	0.125	0.125	0.125	0
Pompa <i>water jet</i>	1	0.25	0.25	0.25	0
<i>Electro motor &amp; pompa</i>	1	1.1	1.1	1.1	0
<i>Fire detector</i>	26	0.033	0.858	0.858	0.924
<i>FO transfer pump</i>	2	2.5	5	5	0
<i>LO priming pump</i>	2	2.5	5	5	0
<i>Compressor</i>	2	5.5	11	11	0
<i>General service pump</i>	2	4.5	9	9	0
<i>Blower</i>	2	6.5	13	13	0
<i>Ballast pump</i>	2	3.5	7	7	0
<i>Steering gear</i>	2	3.5	7	7	0
<i>Anchor winch</i>	2	6.5	13	0	0
<i>Ramp door</i>	1	16.5	16.5	0	16.5
OWS	2	0.25	0.5	0.5	0.5
Pompa bilga	1	2.5	2.5	2.5	0

pompa pemadam kebakaran	1	5.5	5.5	5.5	0
Pompa <i>sewage</i>	1	2.5	2.5	2.5	0
Total				78.061	26.348

Jadi total untuk kebutuhan listrik ketika kapal berlayar adalah sebesar 78.061 kW dan total kebutuhan listrik ketika kapal bersandar adalah sebesar 26.348 kW.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 5 ANALISIS TEKNIS

### 5.1. Komponen Sistem Propulsi Elektrik

#### 5.1.1. Kapasitas Baterai untuk Sistem Propulsi Kapal

Perhitungan kapasitas baterai sistem propulsi kapal yang mulanya berasal dari *main engine* perlu dikoversikan dalam kWh. Hal ini dilakukan karena daya pada *main engine* masih menggunakan satuan HP (*horse power*) dan perlu diubah menjadi satuan kWh (*kilowatt hour*). Setelah dikonversikan ke kWh, barulah bisa ditentukan berapa kapasitas dan jumlah baterai yang diperlukan untuk bisa memenuhi daya yang dibutuhkan oleh sistem propulsi kapal. Adapun rincian perhitungan sebagai berikut:

- a. Lama waktu tempuh (*round trip*) = 3 jam, dengan rincian sebagai berikut :
  - *Loading* dan *unloading* Pelabuhan Ketapang selama 30 menit
  - *Loading* dan *unloading* Pelabuhan Gilimanuk selama 30 menit
  - Lama perjalanan bersih (*round trip*) selama 2 jam
- b. Kapal beroperasi penuh selama 24 jam, dan dalam sehari terdapat 8 kali *round trip*
- c. Total lama perjalanan = 2 jam x 8 kali *round trip*  
= 16 jam
- d. Daya pada *main engine* = 484,7 kW x 2  
= 969,4 kW  
Pengoperasian kapal hanya sekitar 80% (MCR) = 776 kW
- e. Kebutuhan total daya baterai = 776 kW x 16 h  
= 12.416 kWh

Untuk menentukan kebutuhan jumlah baterai didapatkan dari kebutuhan total daya baterai dibagi daya baterai per komponennya. Berikut rincian perhitungannya:

Kebutuhan total daya baterai	= 12.416 kWh
Daya tiap 1 rak baterai	= 57,6 kWh
Jumlah baterai yang diperlukan	= 12.416 : 57,6
	= 216 rak baterai

RACK	Art. nr.	Product description	No. of battery packs	Pack voltage (V)	System voltage (V)	Rated capacity (Ah)	Energy (kWh)	Weight (kg)	Depth (mm)	Height (mm)	Width (mm)
ECI-600V-48kWh-M	20-0024	Rack 48 kWh Master	40	120	600	80	48	1402	615	1996	1509
ECI-600V-48kWh-S	20-0026	Rack 48 kWh Slave	40	120	600	80	48	1402	615	1996	1509
ECI-576V-57,6kWh-M	20-0025	Rack 57,6 kWh Master	40	144	576	100	57,6	1610	615	1996	1509
ECI-576V-57,6kWh-S	20-0027	Rack 57,6 kWh Slave	40	144	576	100	57,6	1610	615	1996	1509

Gambar 5.1 Daftar Tabel Baterai Nilar



Figure 23.

Gambar 5.2 Baterai Nilar  
(Sumber: katalog baterai nilar)

Dikarenakan jumlah baterai yang diperlukan oleh kapal cukup banyak, dan apabila jumlah baterai tersebut dipenuhi maka tidaklah mungkin. Karena berat total dari baterai berpengaruh pada displacemen dari kapal serta ketersediaan ruang pada kamar mesin tidak dapat ditampung seluruhnya. Selain itu dengan jumlah total baterai yang cukup banyak tersebut, maka membutuhkan waktu pengisian yang cukup lama. Oleh karena itu, dilakukan analisis perhitungan pada jumlah baterai yang meliputi berat baterai, lama pengisian, serta jumlah *roundtrip* yang dapat ditempuh.

Tabel 5.1 Tabel Analisis Perhitungan Baterai

Jumlah <i>Round Trip</i>	Jumlah Trip							
	1 rt	2 rt	3 rt	4 rt	5 rt	6 rt	7 rt	8 rt
Energi (kWh)	1.555	3.110	4.665	6.220	7.775	9.330	10.885	12.440
Banyak Baterai	27 rak	54 rak	81 rak	108 rak	135 rak	162 rak	189 rak	216 rak

Berat Baterai (kg)	45.080	86.940	128.800	173.880	217.350	260.820	304.290	347.760
Lama Charge	36 jam	72 jam	108 jam	144 jam	180 jam	216 jam	252 jam	288 jam

Dari tabel analisis perhitungan baterai diatas, dapat dilihat apabila jumlah *roundtrip* kapal dalam sehari sebanyak 8 kali, maka berat baterai yang harus ditampung kapal adalah sebesar 347.760 kg dengan lama pengecasan sekitar 5 hari. Hal ini tentu saja tidak mungkin terpenuhi.

Oleh karena itu, dari tabel analisis diatas yang mampu memenuhi daya kebutuhan kapal, serta berat baterai yang masih bisa ditampung oleh kapal adalah sebanyak 1 kali *roundtrip*, daya baterai 1.555 kWh, berat baterai 45.080 kg dan lama pengecasan 36 jam jika di *charge* dengan sistem seri.

### 5.1.2. Kapasitas Genset untuk Kebutuhan Listrik Kapal

Seperti yang telah dibahas pada BAB 4 mengenai kebutuhan daya listrik pada kapal dan telah dijelaskan pula pada Tabel 4.2 bahwa daya maksimal yang diperlukan guna memenuhi kebutuhan listrik di kapal sebesar 78.061 kW.

- Total kapal beroperasi = 24 jam
- Kebutuhan total daya baterai = 78.061 kW x 24 h  
= 1.873,464 kWh

Sumber tenaga yang dipilih guna menyuplai kebutuhan listrik untuk kapal adalah berupa genset dengan daya 80 kW. Namun, untuk pemasangan genset pada kamar mesin sebanyak 2 buah dengan daya masing-masing 80 kW, dengan asumsi salah satu genset tersebut digunakan sebagai cadangan. Pemilihan daya pada genset merupakan hasil konversi dari persamaa 5.1.

$$P \text{ (kW)} = E \text{ (kWh)} / t \text{ (h)} \tag{5.1}$$



Gambar 5.3 Genset UNIVERSAL

(Sumber: [https://www.alibaba.com/product-detail/Small-100kva-power-generator-80kw-electric\\_60620153218.html?spm=a2700.7724838.0.0.39ca6fb9uoFxnV&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Small-100kva-power-generator-80kw-electric_60620153218.html?spm=a2700.7724838.0.0.39ca6fb9uoFxnV&s=p))

Production name	Small 100kva power generator 80kw electric genset 80 kw dg set dynamo price	
Model	KM385BD	
Rated output (KW/KVA)	8.0/10	
Rated voltage (V)	400/230	
Rated current(A)	14.4	
Rated frequency	50Hz	
Power factor	0.8lagging	
Noise level dB(a)	65/1m	
Excitation	Brushless self-excitation	
Phase Number and connection	3-phase 4-wire system	
Diesel Engine	KM385BD ,Water cooled type,Nature Intake Made by UNIVPOWER	
Alternator model	UNIV (UN164B)	
Rated Power (kw/1500rpm)	12	
Fuel consumption (g/kw*h)	≈238	
Cylinder number	3	
Displacement ( L )	1.532	
Cooling system	Water cooling	
Environmental Conditions	Altitude≤1000M, Cooling air temperature -15°C~ 40°C, Relative humidity≤90%	
Start Method	12V Electric start	
Dimension of set (mm)	L	1500
	W	800
	H	900
Net weight of set (kg)	560	
Other spare parts (1 piece)	Gallus Air filter element Diesel oil filter element Machinery oil Specification Special tool	

Gambar 5.4 Spesifikasi Genset UNIVERSAL

(Sumber: [https://www.alibaba.com/product-detail/Small-100kva-power-generator-80kw-electric\\_60620153218.html?spm=a2700.7724838.0.0.39ca6fb9uoFxnV&s=p](https://www.alibaba.com/product-detail/Small-100kva-power-generator-80kw-electric_60620153218.html?spm=a2700.7724838.0.0.39ca6fb9uoFxnV&s=p))

### 5.1.3. Motor Listrik

Pemilihan motor listrik harus disesuaikan dengan daya yang dapat diterima dari *main switch board*. Daya yang dikeluarkan oleh MSB merupakan hasil dari pengumpulan jumlah total daya dari baterai yaitu sebesar 1.555 kWh. Untuk motor listrik yang digunakan mempunyai kapasitas daya sebesar 800 kW. Penggunaan motor listrik pada kapal menggunakan 2 motor listrik, dikarenakan kapal menggunakan 2 baling-baling.



Gambar 5.5 Motor Listrik Omec Motors  
(Sumber: katalog Omec Motors)



## OMT1C IE3 FW 12-POLE | 500 RPM

\* Voltage: 6 10 V

Frame Size	Rated Power	Current	Rated speed	Power factor	Efficiency		Locked Current	Locked Torque	Maximum Torque	Moment of inertia	Noise level	Weight
		400V			$\eta$ (%)		Rated Current	Rated Torque	Rated Torque			
	P <sub>N</sub> kW	I <sub>N</sub> A	n <sub>N</sub> r/min	COS $\phi$	100	75	I <sub>s</sub> /I <sub>N</sub>	M <sub>s</sub> /M <sub>N</sub>	M <sub>m</sub> /M <sub>N</sub>	J=1/4 GD <sup>2</sup> kgm <sup>2</sup>	dB(A)	kg
500XA12	450	923	492	0,74	95,1	95,2	6	0,9	1,8	48	89	6170
500XB12	500	1024	492	0,74	95,2	95,3	6	0,9	1,8	50	89	6400
500XC12	560	1147	492	0,74	95,2	95,3	6	0,9	1,8	82	92	6720
560XA12	630	737*	495	0,75	95,3	95,4	6	0,9	1,8	125	92	8200
560XR12	710	820*	495	0,75	95,4	95,5	6	0,9	1,8	135	92	8610
560XC12	800	934*	495	0,75	95,5	95,6	6	0,9	1,8	150	92	9120

Gambar 5.6 Tabel Deskripsi Omec Motors  
(Sumber: katalog Omec Motors)

### 5.1.4. Main Switch Board

Pada *layout* kamar mesin, MSB yang digunakan ada sebanyak 2 buah. Hal ini dikarenakan MSB menyesuaikan dengan jumlah baling-baling kapal. Adapun MSB yang digunakan adalah MSB merk Spectra.



Gambar 5.7 Spectra Switchboard  
(Sumber: katalog switchboard Spectra)

### 5.1.5. Konverter

Konverter yang dipilih adalah konverter dengan dengan kapasitas daya 800 kW. Jumlah konverter yang digunakan diatas kapal pun sesuai dengan jumlah motor listrik dan MSB yaitu sebanyak 2 buah



Gambar 5.8 Konverter WFCO

(Sumber: [https://www.amazon.com/WFCO-WF9875-Mount-Converter-Charger/dp/B004A2YSA2/ref=sr\\_1\\_9?keywords=converter+for+ship&qid=1578010606&sr=8-9](https://www.amazon.com/WFCO-WF9875-Mount-Converter-Charger/dp/B004A2YSA2/ref=sr_1_9?keywords=converter+for+ship&qid=1578010606&sr=8-9))

### 5.1.6. Motor Driver

Fungsi motor driver adalah mengontrol putaran pada motor listrik. Dengan begitu jumlahnya disesuaikan dengan jumlah motor listrik yang ada di kapal, yaitu 2 buah



Gambar 5.9 Motor Driver

(Sumber: [https://www.alibaba.com/product-detail/china-vfd-manufacturers-ac-motor-driver\\_60788011670.html?spm=a2700.7724838.0.0.62346719zV2X2m&s=p&bypass=true](https://www.alibaba.com/product-detail/china-vfd-manufacturers-ac-motor-driver_60788011670.html?spm=a2700.7724838.0.0.62346719zV2X2m&s=p&bypass=true))

## 5.2. Sistem Pengisian Baterai

Untuk sistem pengisian pada baterai, diperlukan *charger* sebagai komponen penghubung antara baterai dengan listrik agar daya baterai dapat terisi. Pemilihan jenis *charger* pun harus disesuaikan dengan kapasitas baterai agar baterai dapat terisi dengan efisiensi waktu yang pas. Untuk *charger* yang dipilih adalah *charger* ABB, hal ini dikarenakan spek dari *charger* yang memenuhi.



Gambar 5.10 *Charger* ABB

Sumber: (<https://chargedevs.com/newswire/abbs-terra-hpc-can-add-124-miles-of-range-in-8-minutes/>)

<b>Technical specifications</b>	
Compliance and certification	CE models and UL models available
Environment	IP 54, outdoor use
Mechanical impact protection	IK 10 (screen: IK 08)
Operating temperature	-35 °C to +55 °C (with derating)
<b>Charge post</b>	
DC output current	500 A CCS (liquid cooled) 200 A CHAdeMO
DC output voltage range	150 – 920 V <sub>DC</sub>
User interface	7" high brightness touch screen
Lights	RGB led strips with customizable colors White top light
RFID	ISO/IEC 14443A/B, ISO/IEC 15393, FeliCa™1, NFC, Mifare, Calypso, (option: Legic)
Network connections	GSM/2G/3G 10/100 base-T Ethernet
Dimensions (H x W x D)	2390 x 620 x 440 mm
Weight	250 kg

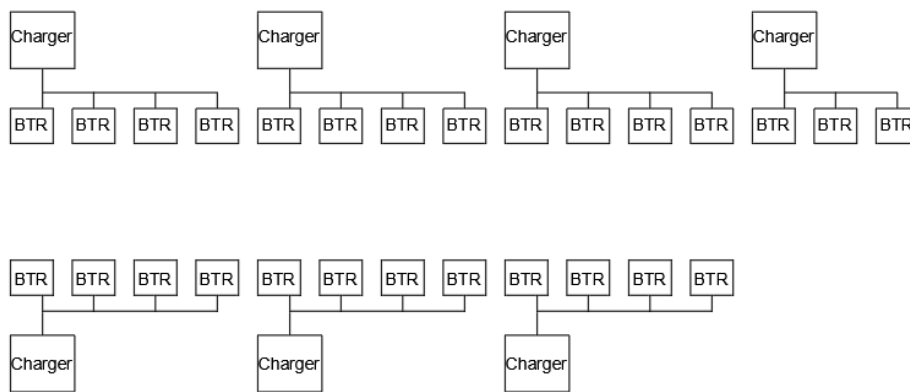
Gambar 5.11 Spesifikasi *Charger* ABB

Sumber: (katalog *charger* ABB)

Dari gambar spesifikasi diatas terdapat 2 konektor untuk *output* dari *charger*. Konektor yang dipilih adalah CCS (*Combined Charging System*) karena *output* kapasitas yang lebih besar yaitu 500 A.

Dari kapasitas *charger* tersebut, maka *charger* dapat mengkover sebanyak 5 baterai. Karena telah diketahui dari Gambar 5.1 kapasitas untuk tiap baterai adalah sebesar 100 Ah. Dari jumlah total baterai yang diperlukan kapal ada sebanyak 27 baterai, maka jumlah *charger* yang diperlukan adalah sebanyak 27 *charger* dengan sistem pengecasan paralel. Namun ketika

dalam kondisi lapangan, untuk kondisi awal baterai dianggap *full* 100%. Lalu kapal melakukan 1 kali trip dari Pelabuhan Ketapang menuju Pelabuhan Gilimanuk. Setelah kapal sampai di Pelabuhan Gilimanuk, kondisi baterai dalam keadaan 50%. Ketika kapal sandar untuk melakukan *loading* dan *unloading* penumpang, kapal melakukan pengecasan hingga kondisi baterai 100%. Setelah selesai *loading/unloading* dan pengecasan baterai, kapal melanjutkan perjalanan menuju Pelabuhan Ketapang dengan kondisi kapasitas baterai yang berkurang sedikit demi sedikit hingga 50%. Setelah itu kapal kembali melakukan pengecasan ketika sampai di Pelabuhan Ketapang, dan kegiatan tersebut terus berulang-ulang ketika kapal sandar di tiap pelabuhannya. Dengan kondisi seperti yang sudah dijelaskan tadi, maka kapal hanya perlu menyediakan 14 *charger*, dengan pemasangan sebanyak 7 *charger* di tiap pelabuhan.



Gambar 5.12 Skema Pengisian Baterai

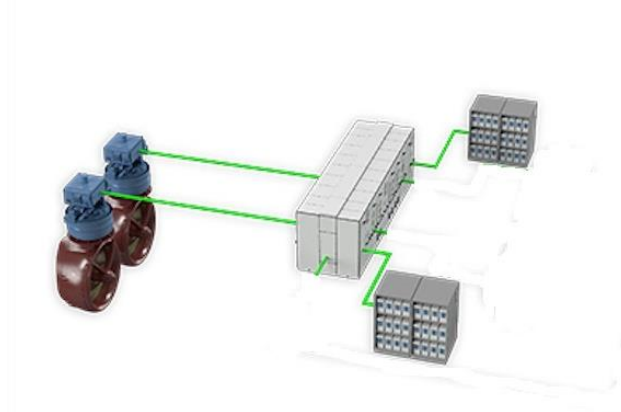
Untuk perhitungan lama pengecasan yang dilakukan secara paralel adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Lama pengisian (h)} &= \text{kapasitas baterai (Ah)} : \text{kapasitas charger (A)} \\
 &= 100 \text{ Ah} : 500 \text{ A} \\
 &= 0,2 \times 60 \text{ menit} \\
 &= 12 \text{ menit}
 \end{aligned}$$

12 menit merupakan lama pengisian untuk 1 baterai. Dengan begitu, jumlah total waktu yang dibutuhkan 7 *charger* untuk mengecaskan 27 baterai adalah selama 48 menit. Akibat dari lama pengecasan baterai yang memerlukan waktu lebih dari 30 menit sesuai jadwal operasi sandar kapal pada tiap Pelabuhan, maka berdampak pula pada jumlah trip kapal yang berkurang menjadi 7 kali *roundtrip* dalam sehari.

### 5.3. Jenis Propulsi Kapal

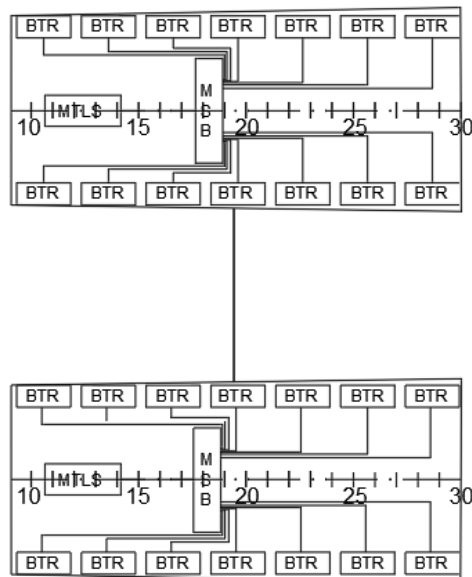
Setelah analisis pada sistem pengecasan baterai diatas, diketahui bahwa sistem propulsi kapal bersumber penuh pada daya baterai sebesar 1.555 kWh yang dicas dengan 7 instalasi pengecasan baterai dengan total lama pengecasan 48 menit pada setiap pelabuhan.



Gambar 5.13 Sistem Propulsi Elektrik

### 5.4. Layout Kamar Mesin

Berikut desain *layout* kamar mesin yang baru dengan penempatan baterai dan motor listrik beserta komponennya di kapal. Untuk rincian *layout* kamar mesin dapat dilihat pada lampiran.



Gambar 5.14 Layout Penempatan Baterai pada KM

## 5.5. Perhitungan Stabilitas untuk *Layout* Kamar Mesin Baru

Pemeriksaan kondisi stabilitas dilakukan untuk mengetahui karakteristik kapal pada beberapa kondisi, antara lain pada saat kondisi oleng atau trim akibat kondisi muatan dan pengaruh faktor lain dari luar seperti gelombang, angin, dan lain sebagainya. Tetapi analisis stabilitas ini hanya mencakup pada kondisi oleng dan trim akibat muatan. Ketika beroperasi, kapal tidak hanya beroperasi dalam satu kondisi muatan saja, tetapi tentunya ada kondisi dimana kapal dalam kondisi muatan penuh atau kosong. Dan setiap kondisi muatan akan mengakibatkan karakteristik stabilitas yang yang berbeda (Rohmadhana, 2016).

Dalam kondisi muatan (*loadcase*) terdapat kriteria yang digunakan dan mengacu pada IMO *Intact Stability* (IS) Code Ch 3. KMP Prathita IV merupakan tipe kapal yang memuat penumpang dan kendaraan. Sehingga kondisi muatannya sama dengan kapal penumpang barang. Kondisi muatan untuk KMP. Prathita IV adalah sebagai berikut:

### 5.5.1. *Loadcase* 1 Muatan Penuh, *Consumable* 100%

Mula-mula dimasukkan data-data beban dari komponen yang telah diperoleh dari perhitungan berat dan titik berat kapal. Data yang dibutuhkan antara lain berat komponen, LCG komponen dan VCG komponen. *Input* data beban dapat dilihat pada tabel berikut:

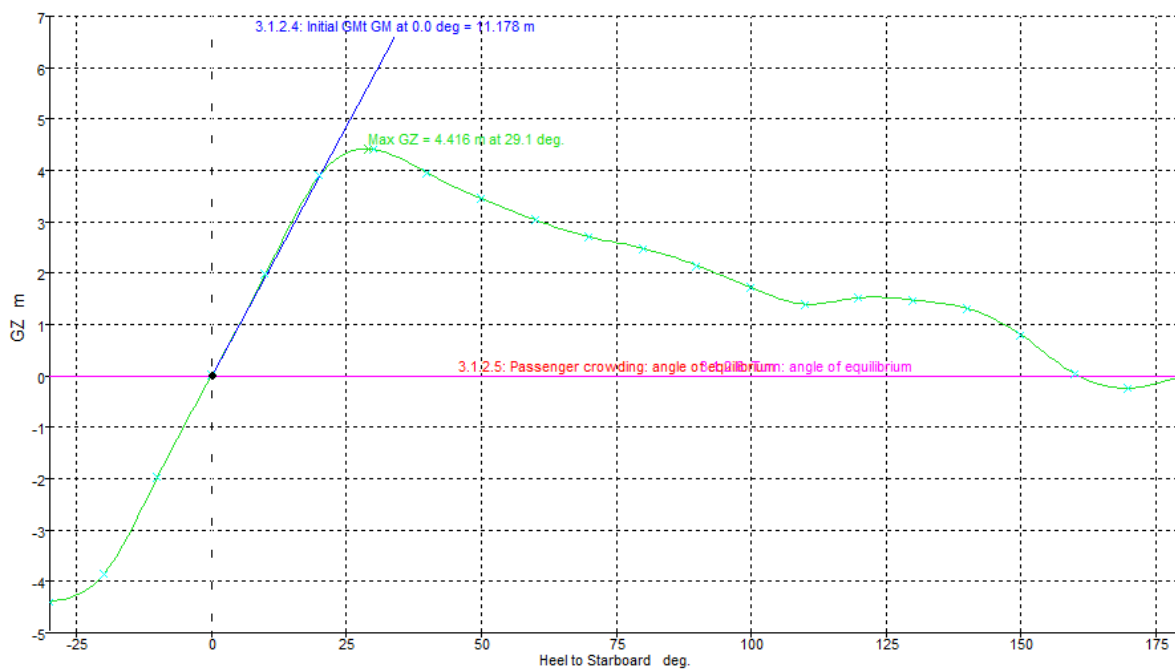
Tabel 5.2 Tabel *Loadcase* 1

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	LWT	1	627.590	627.590			21.162	0.000	2.530	0.000	User Specific
2	penumpang dan kendaraan	1	84.840	84.840			17.652	0.000	8.566	0.000	User Specific
3	fresh water	100%	1.758	1.758	1.758	1.758	7.010	-3.567	3.524	0.000	Maximum
4	ballast 1 p	50%	50.859	25.430	49.619	24.809	32.170	-5.150	0.524	49.537	Maximum
5	ballast 1 s	50%	50.862	25.431	49.622	24.811	32.170	5.150	0.524	49.537	Maximum
6	ballast 2 s	0%	34.482	0.000	33.641	0.000	6.255	5.150	0.003	0.000	Maximum
7	ballast 2 p	0%	31.500	0.000	30.731	0.000	6.255	-5.150	0.003	0.000	Maximum
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>765.049</b>	<b>165.371</b>	<b>51.378</b>	<b>21.472</b>	<b>-0.008</b>	<b>3.068</b>	<b>99.074</b>	
9	FS correction								0.130		
10	VCG fluid								3.198		

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dimana titik gaya tekan dan gaya berat berada pada satu garis dapat dilihat pada Tabel 5.3. Dari hasil *running Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh grafik seperti pada Gambar 5.16.

Tabel 5.3 Tabel Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase 1*

1	Draft Amidships m	2.497
2	Displacement t	765.0
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	2.345
5	Draft at AP m	2.650
6	Draft at LCF m	2.490
7	Trim (+ve by stern) m	0.305
8	WL Length m	39.503
9	Beam max extents on	16.000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	636.470
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	340.249
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.665
13	Block coeff. (Cb)	0.455
14	Max Sect. area coeff. (	0.703
15	Waterpl. area coeff. (C	0.538
16	LCB from zero pt. (+ve	21.459
17	LCF from zero pt. (+ve	20.884
18	KB m	1.295
19	KG fluid m	3.198
20	BMt m	13.081
21	BML m	39.524
22	GMt corrected m	11.178
23	GML m	37.622
24	KMt m	14.376
25	KML m	40.818
26	Immersion (TPc) tonne/	3.488
27	MTC tonne.m	7.214
28	RM at 1deg = GMt.Disp.	149.252
29	Max deck inclination de	0.4389
30	Trim angle (+ve by ster	0.4380



Gambar 5.15 Kurva Lengan GZ Kondisi *Loadcase 1*

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang barang yang, diperoleh hasil yang akan dilampirkan pada lampiran. Berikut kriteria yang memenuhi:

Tabel 5.4 Kriteria Stabilitas Kondisi *Loadcase 1*

NO.	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL	STATUS
1.	<i>Area 0 to 30</i>	3.1513	m.deg	82.4336	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	5.1566	m.deg	124.5317	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	1.7189	m.deg	42.0981	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0.200	m	4.407	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	25.0	deg	29.1	Pass
6.	<i>Intinial GMt</i>	0.150	m	11.178	Pass
7.	<i>Passanger crowding</i>	10.0	deg	0.0	Pass
8.	<i>Turn: angle of equilibrium</i>	10.0	deg	0.0	Pass

### 5.5.2. *Loadcase 2 Muatan Penuh, Consumable 50%*

Data-data yang perlu dimasukkan sama seperti pengerjaan pada *loadcase 1*. Pada *loadcase 2* ini kapal pada kondisi perjalanan dengan muatan penuh, jumlah penumpang penuh beserta barang bawaannya, tetapi perbekalan sisa 50%.

Tabel 5.5 Tabel *Loadcase 2*

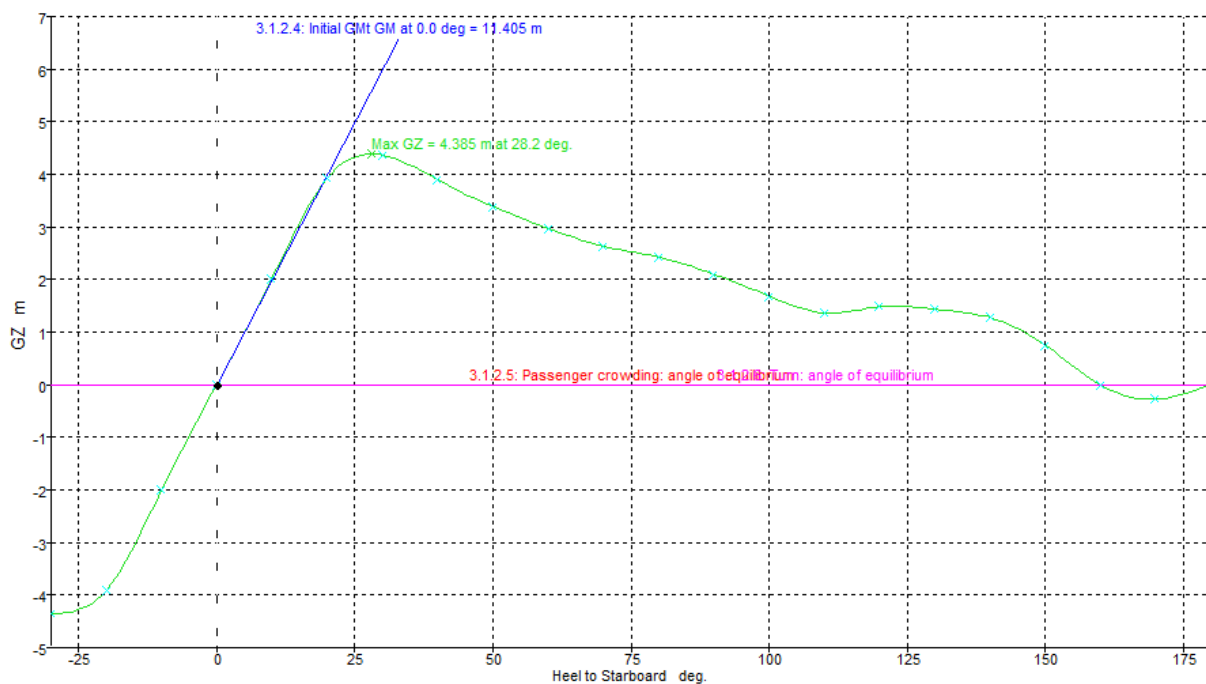
	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	LWT	1	627.590	627.590			21.167	0.000	2.530	0.000	User Specifi
2	penumpang dan kendaraan	1	84.840	84.840			17.652	0.000	8.566	0.000	User Specifi
3	fresh water	50%	1.758	0.879	1.758	0.879	7.012	-3.639	3.121	0.207	Maximum
4	ballast 1 p	35%	50.859	17.801	49.619	17.367	32.128	-5.150	0.375	49.537	Maximum
5	ballast 1 s	35%	50.862	17.802	49.622	17.368	32.128	5.150	0.375	49.537	Maximum
6	ballast 2 s	0%	34.482	0.000	33.641	0.000	5.800	5.150	0.003	0.000	Maximum
7	ballast 2 p	0%	31.500	0.000	30.731	0.000	5.800	-5.150	0.003	0.000	Maximum
8	Total Loadcase			748.911	165.371	35.613	21.273	-0.004	3.112	99.282	
9	FS correction								0.133		
10	VCG fluid								3.245		

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dapat dilihat pada Tabel 5.6. Dari hasil *running Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh grafik seperti pada Gambar 5.17.



Tabel 5.6 Tabel Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase 2*

1	Draft Amidships m	2.497
2	Displacement t	765.0
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	2.345
5	Draft at AP m	2.650
6	Draft at LCF m	2.490
7	Trim (+ve by stern) m	0.305
8	WL Length m	39.503
9	Beam max extents on	16.000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	636.470
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	340.249
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.665
13	Block coeff. (Cb)	0.455
14	Max Sect. area coeff. (	0.703
15	Waterpl. area coeff. (C	0.538
16	LCB from zero pt. (+ve	21.459
17	LCF from zero pt. (+ve	20.884
18	KB m	1.295
19	KG fluid m	3.198
20	BMt m	13.081
21	BML m	39.524
22	GMt corrected m	11.178
23	GML m	37.622
24	KMt m	14.376
25	KML m	40.818
26	Immersion (TPc) tonne/	3.488
27	MTC tonne.m	7.214
28	RM at 1deg = GMT.Disp.	149.252
29	Max deck inclination de	0.4389
30	Trim angle (+ve by ster	0.4380



Gambar 5.16 Kurva Lengan GZ Kondisi *Loadcase 2*

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang barang yang, diperoleh hasil yang akan dilampirkan pada lampiran. Berikut kriteria yang memenuhi:

Tabel 5.7 Kriteria Stabilitas Kondisi *Loadcase 2*

NO.	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL	STATUS
1.	<i>Area 0 to 30</i>	3.1513	m.deg	83.0095	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	5.1566	m.deg	124.5587	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	1.7189	m.deg	41.5492	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0.200	m	4.363	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	25.0	deg	28.2	Pass
6.	<i>Intinial GMt</i>	0.150	m	11.405	Pass
7.	<i>Passanger crowding</i>	10.0	deg	0.0	Pass
8.	<i>Turn: angle of equilibrium</i>	10.0	deg	0.0	Pass

### 5.5.3. *Loadcase 3 Muatan Penuh, Consumable 10%*

Data-data yang perlu dimasukkan sama seperti pengerjaan pada *loadcase 1* dan *2*. Pada *loadcase 3* ini kapal pada kondisi kedatangan dengan muatan penuh, jumlah penumpang penuh beserta barang bawaannya, tetapi perbekalan sisa 10%.

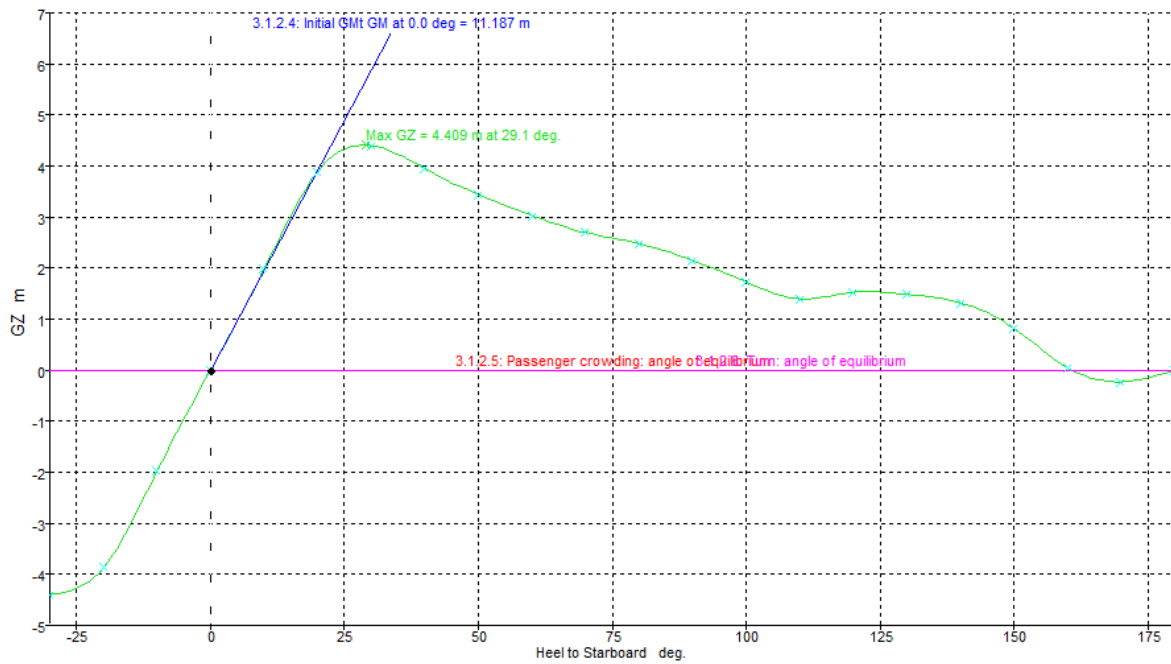
Tabel 5.8 Tabel *Loadcase 3*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	LWT	1	627.590	627.590			21.162	0.000	2.530	0.000	User Specifi
2	penumpang dan kendaraan	1	84.840	84.840			17.652	0.000	8.566	0.000	User Specifi
3	fresh water	10%	1.758	0.176	1.758	0.176	7.025	-3.759	2.628	0.207	Maximum
4	ballast 1 p	50%	50.859	25.430	49.619	24.809	32.172	-5.150	0.524	49.537	Maximum
5	ballast 1 s	50%	50.862	25.431	49.622	24.811	32.172	5.150	0.524	49.537	Maximum
6	ballast 2 s	0%	34.482	0.000	33.641	0.000	6.255	5.150	0.003	0.000	Maximum
7	ballast 2 p	0%	31.500	0.000	30.731	0.000	6.255	-5.150	0.003	0.000	Maximum
8	Total Loadcase			763.466	165.371	49.796	21.502	-0.001	3.067	99.282	
9	FS correction								0.130		
10	VCG fluid								3.197		

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dapat dilihat pada Tabel 5.9. Dari hasil *running Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh grafik seperti pada Gambar 5.18.

Tabel 5.9 Tabel Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase 3*

1	Draft Amidships m	2.497
2	Displacement t	765.0
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	2.345
5	Draft at AP m	2.650
6	Draft at LCF m	2.490
7	Trim (+ve by stern) m	0.305
8	WL Length m	39.503
9	Beam max extents on	16.000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	636.470
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	340.249
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.665
13	Block coeff. (Cb)	0.455
14	Max Sect. area coeff. (	0.703
15	Waterpl. area coeff. (C	0.538
16	LCB from zero pt. (+ve	21.459
17	LCF from zero pt. (+ve	20.884
18	KB m	1.295
19	KG fluid m	3.198
20	BMt m	13.081
21	BML m	39.524
22	GMt corrected m	11.178
23	GML m	37.622
24	KMt m	14.376
25	KML m	40.818
26	Immersion (TPc) tonne/	3.488
27	MTC tonne.m	7.214
28	RM at 1deg = GMt.Disp.	149.252
29	Max deck inclination de	0.4389
30	Trim angle (+ve by ster	0.4380



Gambar 5.17 Kurva Lengan GZ Kondisi *Loadcase 3*

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang barang yang, diperoleh hasil yang akan dilampirkan pada lampiran. Berikut kriteria yang memenuhi:

Tabel 5.10 Kriteria Stabilitas Kondisi *Loadcase 3*

NO.	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL	STATUS
1.	<i>Area 0 to 30</i>	3.1513	m.deg	82.2775	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	5.1566	m.deg	124.3011	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	1.7189	m.deg	42.0235	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0.200	m	4.399	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	25.0	deg	29.1	Pass
6.	<i>Intinial GMt</i>	0.150	m	12.116	Pass
7.	<i>Passanger crowding</i>	10.0	deg	0.0	Pass
8.	<i>Turn: angle of equilibrium</i>	10.0	deg	0.0	Pass

#### 5.5.4. *Loadcase 4 Kapal tanpa Muatan, Penumpang Penuh, Consumable 100%*

Pada kondisi ini, kapal tidak terisi dengan muatan kendaraan, namun jumlah penumpang penuh beserta barang bawaannya, dan kondisi perbekalan 100%. Adapun data-data yang dimasukkan sebagai berikut:

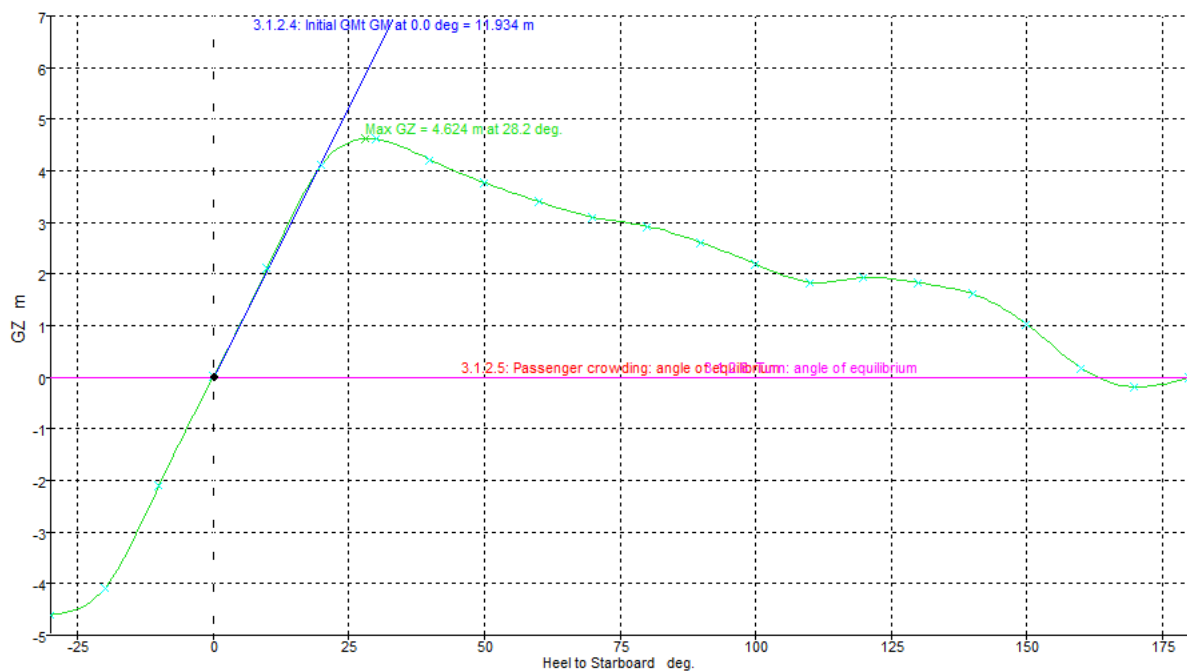
Tabel 5.11 Tabel *Loadcase 4*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	LWL	1	627.590	627.590			21.162	0.000	2.530	0.000	User Specifi
2	penumpang	1	52.700	52.700			12.550	0.000	5.808	0.000	User Specifi
3	fresh water	100%	1.758	1.758	1.758	1.758	6.840	-3.537	3.403	0.000	Maximum
4	ballast 1 p	60%	50.859	30.516	49.619	29.771	32.199	-5.150	0.622	49.537	Maximum
5	ballast 1 s	60%	50.862	30.517	49.622	29.773	32.199	5.150	0.622	49.537	Maximum
6	ballast 2 s	0%	34.482	0.000	33.641	0.000	7.793	5.394	0.003	0.000	Maximum
7	ballast 2 p	0%	31.500	0.000	30.731	0.000	7.793	-5.394	0.003	0.000	Maximum
8	<b>Total Loadcase</b>			<b>743.081</b>	<b>165.371</b>	<b>61.302</b>	<b>21.424</b>	<b>-0.008</b>	<b>2.608</b>	<b>99.074</b>	
9	FS correction								0.133		
10	VCG fluid								2.741		

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dapat dilihat pada Tabel 5.12. Dari hasil *running Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh grafik seperti pada Gambar 5.19.

Tabel 5.12 Tabel Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase 4*

1	Draft Amidships m	2.436
2	Displacement t	743.1
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	2.254
5	Draft at AP m	2.619
6	Draft at LCF m	2.427
7	Trim (+ve by stern) m	0.365
8	WL Length m	39.411
9	Beam max extents on	16.000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	627.629
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	338.962
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.662
13	Block coeff. (Cb)	0.450
14	Max Sect. area coeff. (	0.703
15	Waterpl. area coeff. (C	0.538
16	LCB from zero pt. (+ve	21.411
17	LCF from zero pt. (+ve	20.934
18	KB m	1.262
19	KG fluid m	2.741
20	BMt m	13.414
21	BML m	40.361
22	GMt corrected m	11.935
23	GML m	38.882
24	KMt m	14.676
25	KML m	41.621
26	Immersion (TPc) tonne/	3.474
27	MTC tonne.m	7.242
28	RM at 1deg = GMT.Disp.	154.782
29	Max deck inclination de	0.5246
30	Trim angle (+ve by ster	0.5235



Gambar 5.18 Kurva Lengan GZ Kondisi *Loadcase 4*

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang barang yang, diperoleh hasil yang akan dilampirkan pada lampiran. Berikut kriteria yang memenuhi:

Tabel 5.13 Kriteria Stabilitas Kondisi *Loadcase 4*

NO.	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL	STATUS
1.	<i>Area 0 to 30</i>	3.1513	m.deg	87.1457	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	5.1566	m.deg	131.5482	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	1.7189	m.deg	44.4025	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0.200	m	4.614	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	25.0	deg	28.2	Pass
6.	<i>Intinial GMt</i>	0.150	m	11.934	Pass
7.	<i>Passanger crowding</i>	10.0	deg	0.0	Pass
8.	<i>Turn: angle of equilibrium</i>	10.0	deg	0.0	Pass

#### 5.5.5. *Loadcase 5 Kapal tanpa Muatan, Penumpang Penuh, Consumable 50%*

Pada kondisi ini, kapal tidak terisi dengan muatan kendaraan, namun jumlah penumpang penuh beserta barang bawaannya, dan kondisi perbekalan 50%. Adapun data-data yang dimasukkan sebagai berikut:

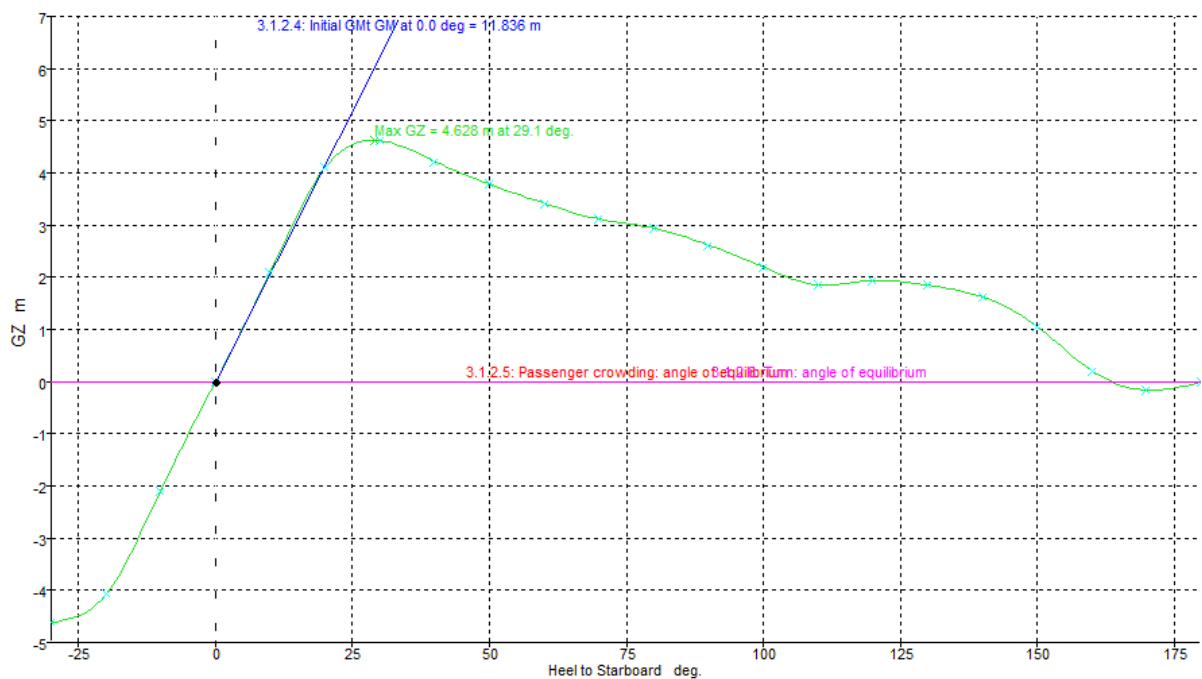
Tabel 5.14 Tabel *Loadcase 5*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	627.590	627.590			21.162	0.000	2.530	0.000	User Specifi
2	penumpang	1	52.700	52.700			12.550	0.000	5.806	0.000	User Specifi
3	fresh water	50%	1.758	0.879	1.758	0.879	6.841	-3.574	3.194	0.207	Maximum
4	ballast 1 p	65%	50.859	33.059	49.619	32.252	32.201	-5.150	0.670	49.537	Maximum
5	ballast 1 s	65%	50.862	33.060	49.622	32.254	32.201	5.150	0.670	49.537	Maximum
6	ballast 2 s	0%	34.482	0.000	33.641	0.000	7.793	5.394	0.003	0.000	Maximum
7	ballast 2 p	0%	31.500	0.000	30.731	0.000	7.793	-5.394	0.003	0.000	Maximum
8	Total Loadcase			747.288	165.371	65.385	21.515	-0.004	2.597	99.282	
9	FS correction								0.133		
10	VCG fluid								2.730		

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dapat dilihat pada Tabel 5.15. Dari hasil *running Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh grafik seperti pada Gambar 5.20.

Tabel 5.15 Tabel Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase 5*

1	Draft Amidships m	2.446
2	Displacement t	747.3
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	2.312
5	Draft at AP m	2.580
6	Draft at LCF m	2.439
7	Trim (+ve by stern) m	0.268
8	WL Length m	39.399
9	Beam max extents on	16.000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	627.291
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	337.896
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.666
13	Block coeff. (Cb)	0.457
14	Max Sect. area coeff. (	0.704
15	Waterpl. area coeff. (C	0.536
16	LCB from zero pt. (+ve	21.504
17	LCF from zero pt. (+ve	20.952
18	KB m	1.268
19	KG fluid m	2.730
20	BMt m	13.300
21	BML m	39.626
22	GMt corrected m	11.837
23	GML m	38.164
24	KMt m	14.567
25	KML m	40.893
26	Immersion (TPc) tonne/	3.463
27	MTC tonne.m	7.148
28	RM at 1deg = GMt.Disp.	154.377
29	Max deck inclination de	0.3843
30	Trim angle (+ve by ster	0.3843



Gambar 5.19 Kurva Lengan GZ Kondisi *Loadcase 5*

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang barang yang, diperoleh hasil yang akan dilampirkan pada lampiran. Berikut kriteria yang memenuhi:

Tabel 5.16 Kriteria Stabilitas Kondisi *Loadcase 5*

NO.	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL	STATUS
1.	<i>Area 0 to 30</i>	3.1513	m.deg	86.7877	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	5.1566	m.deg	131.2907	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	1.7189	m.deg	44.5030	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0.200	m	4.620	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	25.0	deg	29.1	Pass
6.	<i>Intinial GMt</i>	0.150	m	11.836	Pass
7.	<i>Passanger crowding</i>	10.0	deg	0.0	Pass
8.	<i>Turn: angle of equilibrium</i>	10.0	deg	0.0	Pass

#### 5.5.6. *Loadcase 6* Kapal tanpa Muatan, Penumpang Penuh, *Consumable 10%*

Pada kondisi ini, kapal tidak terisi dengan muatan kendaraan, namun jumlah penumpang penuh beserta barang bawaannya, dan kondisi perbekalan 10%. Adapun data-data yang dimasukkan sebagai berikut:

Tabel 5.17 Tabel *Loadcase 6*

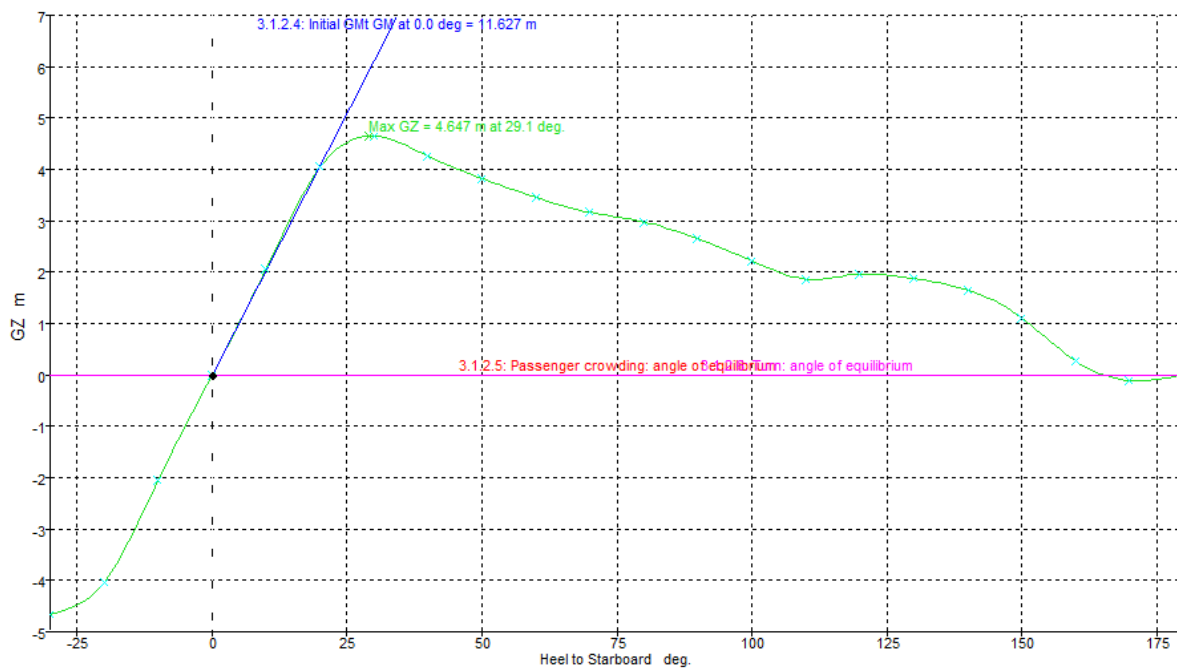
	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	LWL	1	627.590	627.590			21.162	0.000	2.530	0.000	User Specific
2	penumpang	1	52.700	52.700			12.550	0.000	5.808	0.000	User Specific
3	fresh water	10%	1.758	0.176	1.758	0.176	6.844	-3.716	2.574	0.207	Maximum
4	ballast 1 p	80%	50.859	40.687	49.619	39.695	32.208	-5.150	0.814	49.537	Maximum
5	ballast 1 s	80%	50.862	40.690	49.622	39.697	32.208	5.150	0.815	49.537	Maximum
6	ballast 2 s	0%	34.482	0.000	33.641	0.000	7.793	5.394	0.003	0.000	Maximum
7	ballast 2 p	0%	31.500	0.000	30.731	0.000	7.793	-5.394	0.003	0.000	Maximum
8	Total Loadcase			761.843	165.371	79.568	21.743	-0.001	2.574	99.282	
9	FS correction								0.130		
10	VCG fluid								2.704		

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dapat dilihat pada Tabel 5.18. Dari hasil *running Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh grafik seperti pada Gambar 5.21.



Tabel 5.18 Tabel Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase 6*

1	Draft Amidships m	2.479
2	Displacement t	761.9
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	2.464
5	Draft at AP m	2.495
6	Draft at LCF m	2.478
7	Trim (+ve by stern) m	0.031
8	WL Length m	39.398
9	Beam max extents on	16.000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	633.607
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	337.822
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.675
13	Block coeff. (Cb)	0.474
14	Max Sect. area coeff. (	0.704
15	Waterpl. area coeff. (C	0.536
16	LCB from zero pt. (+ve	21.741
17	LCF from zero pt. (+ve	21.103
18	KB m	1.288
19	KG fluid m	2.704
20	BMt m	13.044
21	BML m	38.788
22	GMt corrected m	11.628
23	GML m	37.372
24	KMt m	14.332
25	KML m	40.076
26	Immersion (TPc) tonne/	3.463
27	MTc tonne.m	7.136
28	RM at 1 deg = GMt.Disp.	154.612
29	Max deck inclination de	0.0518
30	Trim angle (+ve by ster	0.0445



Gambar 5.20 Kurva Lengan GZ Kondisi *Loadcase 6*

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang barang yang, diperoleh hasil yang akan dilampirkan pada lampiran. Berikut kriteria yang memenuhi:

Tabel 5.19 Kriteria Stabilitas Kondisi *Loadcase 6*

NO.	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL	STATUS
1.	<i>Area 0 to 30</i>	3.1513	m.deg	85.8864	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	5.1566	m.deg	130.7473	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	1.7189	m.deg	44.8609	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0.200	m	4.646	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	25.0	deg	29.1	Pass
6.	<i>Intinial GMt</i>	0.150	m	11.627	Pass
7.	<i>Passanger crowding</i>	10.0	deg	0.0	Pass
8.	<i>Turn: angle of equilibrium</i>	10.0	deg	0.0	Pass

### 5.5.7. *Loadcase 7* Kapal dalam Kondisi Kosong

Pada kondisi ini, kapal tidak terisi dengan muatan kendaraan, penumpang serta *consumable* kosong. Adapun data-data yang dimasukkan sebagai berikut:

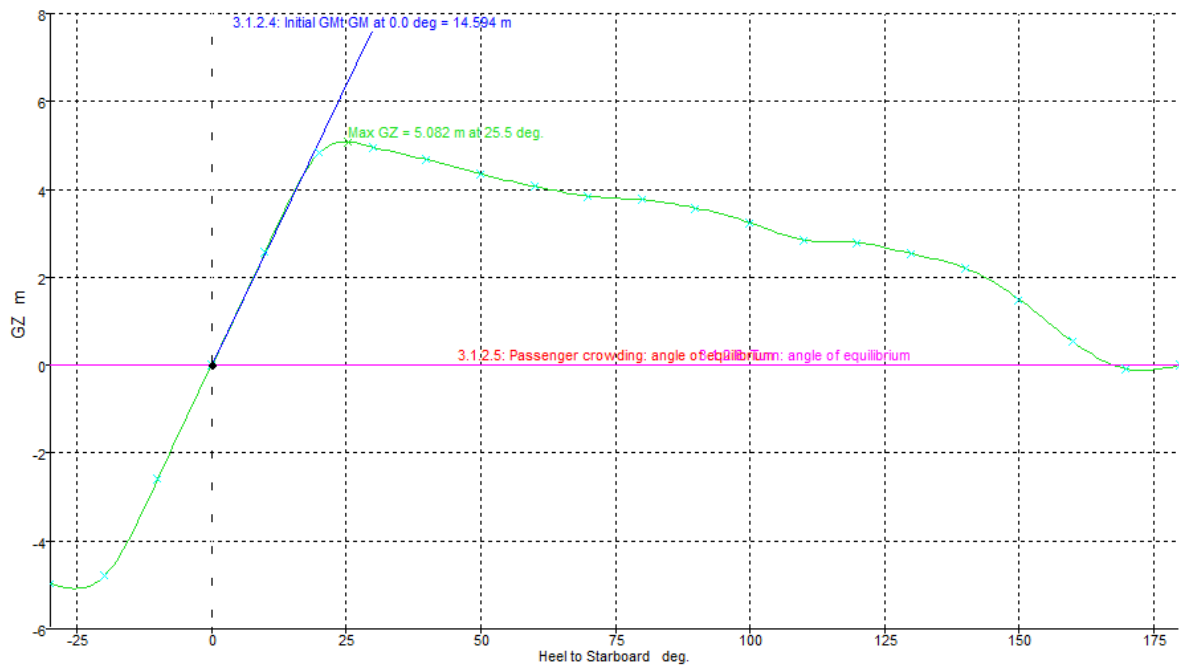
Tabel 5.20 Tabel *Loadcase 7*

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	LWL	1	627.590	627.590			21.162	0.000	2.530	0.000	User Specifi
2	fresh water	0%	1.758	0.000	1.758	0.000	6.564	-3.826	2.365	0.000	Maximum
3	ballast 1 p	0%	50.859	0.000	49.619	0.000	29.434	-5.150	0.001	0.000	Maximum
4	ballast 1 s	0%	50.862	0.000	49.622	0.000	29.434	5.150	0.001	0.000	Maximum
5	ballast 2 s	0%	34.462	0.000	33.641	0.000	5.800	5.150	0.003	0.000	Maximum
6	ballast 2 p	0%	31.500	0.000	30.731	0.000	5.800	-5.150	0.003	0.000	Maximum
7	Total Loadcase			627.590	165.371	0.000	21.162	0.000	2.530	0.000	
8	FS correction								0.000		
9	VCG fluid								2.530		

Untuk kondisi *equilibrium* kapal dapat dilihat pada Tabel 5.21. Dari hasil *running Maxsurf Stability Enterprise* diperoleh grafik seperti pada Gambar 5.22.

Tabel 5.21 Tabel Kondisi *Equilibrium* pada *Loadcase 7*

1	Draft Amidships m	2.112
2	Displacement t	627.5
3	Heel deg	0.0
4	Draft at FP m	1.807
5	Draft at AP m	2.417
6	Draft at LCF m	2.095
7	Trim (+ve by stern) m	0.610
8	WL Length m	38.842
9	Beam max extents on	16.000
10	Wetted Area m <sup>2</sup>	568.319
11	Waterpl. Area m <sup>2</sup>	326.645
12	Prismatic coeff. (Cp)	0.647
13	Block coeff. (Cb)	0.426
14	Max Sect. area coeff. (	0.703
15	Waterpl. area coeff. (C	0.526
16	LCB from zero pt. (+ve	21.151
17	LCF from zero pt. (+ve	21.046
18	KB m	1.086
19	KG fluid m	1.800
20	BMt m	15.309
21	BML m	42.818
22	GMt corrected m	14.595
23	GML m	42.104
24	KMt m	16.393
25	KML m	43.899
26	Immersion (TPc) tonne/	3.348
27	MTc tonne.m	6.622
28	RM at 1deg = GMt.Disp.	159.845
29	Max deck inclination de	0.8762
30	Trim angle (+ve by ster	0.8762



Gambar 5.21 Kurva Lengan GZ Kondisi *Loadcase 7*

Berdasarkan kriteria stabilitas untuk kapal penumpang barang yang, diperoleh hasil yang akan dilampirkan pada lampiran. Berikut kriteria yang memenuhi:

Tabel 5.22 Kriteria Stabilitas Kondisi *Loadcase* 7

NO.	CRITERIA	VALUE	UNIT	ACTUAL	STATUS
1.	<i>Area 0 to 30</i>	3.1513	m.deg	101.2157	Pass
2.	<i>Area 0 to 40</i>	5.1566	m.deg	149.3509	Pass
3.	<i>Area 30 to 40</i>	1.7189	m.deg	48.1352	Pass
4.	<i>Max GZ at 30 or greater</i>	0.200	m	4.963	Pass
5.	<i>Angle of maximum GZ</i>	25.0	deg	25.5	Pass
6.	<i>Intinial GMt</i>	0.150	m	14.594	Pass
7.	<i>Passanger crowding</i>	10.0	deg	0.0	Pass
8.	<i>Turn: angle of equilibrium</i>	10.0	deg	0.0	Pass

### 5.6. Pemeriksaan Kondisi Trim Kapal

Stabilitas merupakan kondisi keseimbangan kapal secara melintang, sedangkan *trim* merupakan kondisi keseimbangan kapal secara memanjang. *Trim* terjadi karena perbedaan letak titik B dan titik G kapal atau titik berat kapal keseluruhan secara memanjang tidak sama dengan titik berat kapal yang tercelup air, sehingga menyebabkan perbedaan sarat pada bagian depan dan belakang kapal. *Trim* merupakan kondisi yang pasti terjadi, karena perubahan kondisi muatan secara otomatis pasti mengakibatkan perubahan letak titik berat kapal. Pemeriksaan *trim* ini mengacu pada SOLAS Reg. II/7, dimana kondisi *trim* maksimum yang diperbolehkan adalah 5%LWL.

Pada *Maxsurf Stability Enterprise* pemeriksaan trim dapat dilihat melalui hasil analisis equilibrium. Analisis dilakukan pada setiap kondisi muatan (*loadcase*) yang telah direncanakan sebelumnya. Hasil pemeriksaan trim dapat dilihat pada Tabel 5.23.

Tabel 5.23 Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

No.	<i>Loadcase</i>	Kriteria (m)	Aktual (m)	<i>Trim</i>	Status
1.	Muatan penuh, <i>consumable</i> penuh	1.972	0.305	<i>by stern</i>	Pass
2.	Muatan penuh, <i>consumable</i> 50%	1.972	0.305	<i>by stern</i>	Pass
3.	Muatan penuh, <i>consumable</i> 10%	1.972	0.305	<i>by stern</i>	Pass
4.	Kapal tanpa muatan, penumpang penuh, <i>consumable</i> 100%	1.972	0.365	<i>by stern</i>	Pass
5.	Kapal tanpa muatan, penumpang penuh, <i>consumable</i> 50%	1.972	0.268	<i>by stern</i>	Pass

6.	Kapal tanpa muatan, penumpang penuh, <i>consumable</i> 10%	1.972	0.031	<i>by stern</i>	Pass
7.	Kapal kondisi kosong	1.972	0.610	<i>by stern</i>	Pass

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 6

### ANALISIS EKONOMIS

#### 6.1. Biaya Investasi

Setelah dilakukan analisis teknis, selanjtnya dilakukan analisis secara ekonomis untuk menghitung berapa besarnya biaya untuk pembelian komponen-komponen penyusun sistem propulsi pada kapal.

##### 6.1.1. Sistem Propulsi Mesin Diesel

Berikut merupakan rincian daftar harga dari komponen sistem propulsi mesin diesel:

Tabel 6.1 Daftar Harga Barang Sistem Propulsi Mesin Diesel

No	Nama Barang	Harga	Jumlah	Total Harga
1	<i>Shaft propeller</i>	Rp 8,373,702.00	2	Rp 16,747,404.00
2	<i>Propeller</i>	Rp 13,956,170.00	2	Rp 27,912,340.00
3	<i>Main engine with gearbox</i>	Rp 69,780,850.00	2	Rp 139,561,700.00
4	Genset	Rp 48,205,500.00	2	Rp 96,411,000.00
Total Biaya				<b>Rp 280,632,444.00</b>

Seperti Tabel diatas, biaya yang dibutuhkan untuk pembelian sistem propulsi mesin diesel adalah sebesar **Rp. 280,632,444.00**

##### 6.1.2. Sistem Propulsi Elektrik

Berikut merupakan rincian daftar harga dari komponen sistem propulsi elektrik:

Tabel 6.2 Daftar Harga Barang Sistem Propulsi Elektrik

No.	Nama Barang	Harga (Rp.)	Jumlah	Total Harga
1	<i>Main switchboard</i>	Rp 73,486,344.11	2	Rp 146,972,688.22
2	Motor listrik	Rp 24,997,721.59	2	Rp 49,995,443.18
3	<i>Charger</i>	Rp 243,639,809.98	14	Rp 3,410,957,339.72
4	Konverter	Rp 2,799,199.83	2	Rp 5,598,399.66
5	<i>Motor driver</i>	Rp 13,956,170.00	2	Rp 27,912,340.00
6	<i>Shaft propeller</i>	Rp 8,373,702.00	2	Rp 16,747,404.00
7	<i>Propeller</i>	Rp 13,956,170.00	2	Rp 27,912,340.00
8	Genset	Rp 48,205,500.00	2	Rp 96,411,000.00
Total Biaya				<b>Rp 3,782,506,954.78</b>

Seperti Tabel diatas, biaya yang dibutuhkan untuk pembelian sistem propulsi elektrik adalah sebesar **Rp. 3,782,506,954.78**. Pada Tabel 6.2 diatas, tidak adanya rincian komponen pembelian baterai. Dikarenakan jumlah *life cycle* baterai adalah 2.000 *cycle*, sedangkan dalam sehari terdapat 8 kali *roundtrip* dengan begitu masa pakai baterai adalah sebanyak 250 hari. Oleh karena itu, kapal diharuskan melakukan pembelian komponen baterai untuk setiap tahunnya.

Dari rincian perhitungan pada Tabel 6.1 dan Tabel 6.2 terdapat hasil selisih yang cukup banyak. Dapat dilihat bahwa total harga yang diperlukan untuk pembelian 1 set sistem propulsi elektrik lebih mahal daripada pembelian 1 set sistem propulsi mesin diesel. Untuk memenuhi biaya tersebut, dilakukan peminjaman dari bank dan biaya dari perusahaan pemilik kapal. Bank yang dipilih untuk peminjaman biaya produksi adalah Bank Mandiri. Bank Mandiri pun memiliki ketentuan terkait kredit investasi. Berikut adalah persyaratan yang diberikan:

- Mempunyai *Feasibility Study*
- Mempunyai izin-izin usaha, misalnya SIUP, TDP dan lain-lain
- Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (*Grace Period*)
- Maksimum pembiayaan bank adalah 65% dan *Self Financing* (SF) 35%

Berdasarkan ketentuan tersebut, berikut adalah rincian biaya yang dikeluarkan dan dipinjam dari Bank Mandiri.

Tabel 6.3 Rincian Biaya Investasi

No	Keterangan		Nilai Uang
1	Biaya Produksi	=	Rp 3,782,506,954.78
2	Besar Pinjaman Bank (65%)	=	Rp 2,458,629,520.61
3	Besar Bunga Bank (13.5% dari pinjaman)	=	Rp 331,914,985.28
4	Masa Pinjaman (Tahun)	=	15
5	Jumlah Cicilan Setiap Tahun	=	1
Maka ;			
6	Besar Cicilan Setiap Tahun	=	Rp 495,823,619.99

## 6.2. Biaya Operasional

Perhitungan biaya operasional dari kapal yang didesain dilakukan dengan memecah komponen biaya operasional menjadi dua kelompok biaya, yaitu biaya operasional tetap (*fixed operational cost*) dan biaya operasional berubah (*variable operational cost*). Berikut adalah komponen biaya operasional tetap yang dikeluarkan:

- *Loan payment per year* (Pembayaran pinjaman per tahun)
- *Crew salary & insentive* (Gaji Kru)



- *Maintenance cost* (Biaya pemeliharaan)
- *Insurance* (Biaya asuransi)

Sedangkan untuk biaya operasional berubah adalah bahan bakar dan air tawar. Besarnya biaya tersebut ditentukan berdasarkan waktu dan jumlah trip operasi kapal.

Tabel 6.4 Rincian Biaya Operasional Tetap

Rekapitulasi Biaya Operasional Setiap Tahun			
1	Biaya Cicilan Bank	=	Rp 495,823,619.99
2	Biaya Asuransi	=	Rp 189,125,347.74
3	Biaya Perawatan	=	Rp 378,250,695.48
4	Biaya Gaji Kru	=	Rp 1,020,000,000.00
5	Biaya Bahan Bakar	=	Rp 947,394,000.00
6	Biaya Air Tawar	=	Rp 182,500,000.00
7	Biaya Pembelian Baterai	=	Rp 1,396,479,999.42
8	Biaya Pengecasan Baterai	=	Rp 794,707,200.00
Maka Biaya Total yang Dikeluarkan;			
		=	Rp 5,404,280,862.63

### 6.3. Analisis Kelayakan Investasi

Analisis kelayakan investasi untuk kapal yang didesain menggunakan metode *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR), dan *Payback Period* (PP). Untuk dapat melakukan analisis kelayakan investasi, maka dilakukan analisis terhadap pendapatan dari tiket kapal dari jumlah trip setiap harinya.

Tabel 6.5 Tabel Pendapatan Kapal

No	Hari	Jumlah Penumpang		Jumlah Penumpang dengan Kendaraan			Jumlah Trip	Total pendapatan
		Anak	Dewasa	Bis	Mobil	Motor		
1	weekday	10	125	Rp 302,000.00	Rp 477,000.00	Rp 264,000.00	7	Rp 13,303,500.00
2	weekday	6	100	Rp 302,000.00	Rp 477,000.00	Rp 192,000.00	7	Rp 11,536,000.00
3	weekday	5	105	Rp 302,000.00	Rp 636,000.00	Rp 168,000.00	7	Rp 12,677,000.00
4	weekday	8	115	Rp 604,000.00	Rp 795,000.00	Rp 240,000.00	7	Rp 16,957,500.00
5	weekend	20	140	Rp 604,000.00	Rp 1,272,000.00	Rp 336,000.00	7	Rp 22,484,000.00
6	weekend	15	150	Rp 604,000.00	Rp 1,272,000.00	Rp 336,000.00	7	Rp 22,781,500.00
7	weekend	20	145	Rp 604,000.00	Rp 1,272,000.00	Rp 336,000.00	7	Rp 25,956,000.00
						Pendapatan/minggu		Rp 125,695,500.00

Selanjutnya *cumulative cash flow* dilakukan dengan *cumulative cost* sebagai *cumulative outflow* dan *cumulative revenue* sebagai *cumulative inflow* seperti yang tertera pada Tabel 6.6.

Tabel 6.6 *Cash flow* Investasi Kapal

Tahun	Cash Flow			Comulative
	Cash Inflow	Cash Outflow	Net Cashflow	
0	-5404280863		-5404280863	-5404280863
1	6536166000	-5404280863	1131885137	-4272395725
2	6536166000	-5404280863	1131885137	-3140510588
3	6536166000	-5404280863	1131885137	-2008625451
4	6536166000	-5404280863	1131885137	-876740313.1
5	6536166000	-5404280863	1131885137	255144824.2
6	6536166000	-5404280863	1131885137	1387029962
7	6536166000	-5404280863	1131885137	2518915099
8	6536166000	-5404280863	1131885137	3650800236
9	6536166000	-5404280863	1131885137	4782685374
10	6536166000	-5404280863	1131885137	5914570511
11	6536166000	-5404280863	1131885137	7046455648
12	6536166000	-5404280863	1131885137	8178340786
13	6536166000	-5404280863	1131885137	9310225923
14	6536166000	-5404280863	1131885137	10442111061
15	6536166000	-5404280863	1131885137	11573996198

Dari *cumulative cash flow* ini, selanjutnya dilakukan analisis kelayakan investasi dengan menggunakan *Net Present Value* (NPV), *Internal Rate of Return* (IRR) dan *Payback Period* (PP). Berikut adalah hasil analisis kelayakan investasi yang dilakukan;

Tabel 6.7 Hasil Analisis Investasi Kelayakan Kapal

Komponen Analisa	Nilai
<i>Discount Rate from Bank</i>	13,5%
<i>Net present value</i>	Rp. 1.477.019.763
<i>Internal rate of return</i>	15 %
<i>Payback period</i>	3.34 Tahun

Berdasarkan tabel diatas maka dapat disimpulkan bahwa investasi Kapal dengan pola operasionalnya adalah layak, karena telah memenuhi kriteria-kriteria kelayakan investasi berikut;

- Nilai NPV > 0
- Nilai *Internal Rate of Return* > *Discount Rate from Bank*
- *Payback Period* < *Maximum Credit Time Window from Bank*

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Kesimpulan**

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

1. Jumlah baterai yang diaplikasikan pada kapal adalah sebanyak 27 buah dengan total daya 1.555 kWh. Adapun *charger* yang dibutuhkan sebanyak 14 buah dan terpasang masing-masing 7 pada setiap pelabuhan serta lama pengecasan di tiap pelabuhan 48 menit dan jumlah trip kapal berkurang menjadi 7 kali *roundtrip* dalam sehari.
2. Setelah dilakukan perubahan *layout* pada kamar mesin, kapal telah memenuhi persyaratan teknis sebagai berikut:
  - Perhitungan stabilitas dengan kriteria *Intact Stability Code* dari IMO
  - Batasan *trim* dengan kriteria SOLAS Reg. II
3. Dari hasil analisis ekonomis didapatkan nilai kelayakan investasi terkait penggantian sistem propulsi menjadi elektrik, maka hasil didapat hasil sebagai berikut;
  - Biaya Investasi : Rp. 3,782,506,954.78
  - *Loan from bank* : Rp. 2,458,629,520.61
  - *Loan Duration* : 15 Tahun
  - *Discount Rate from bank* : 13.5 %
  - *Net Present Value (NPV)* : Rp. 1.477.019.763
  - *Internal Rate of Return (IRR)* : 15 %
  - *Payback Period* : 3.34 Tahun

#### **7.2. Saran**

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada Tugas Akhir ini terdapat beberapa saran yang mungkin dapat dilakukan sebagai analisis lanjutan, antara lain sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan perhitungan mengenai konstruksi kekuatan pada daerah kamar mesin.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Barry, K. (2014). *Stockholm's New Electric Ferry Takes Just 10 Minutes to Charge* . New York: Wired.
- Forsea. (n.d.). *Forsea*. Retrieved from [www.forseaf ferries.com](http://www.forseaf ferries.com): <https://www.forseaf ferries.com>
- Ilham Ayu Putri Pratiwi, M. T. (2015). Analisis Perbandingan Baterai Lithium-Ion, Lithium-Polymer, Lead Acid dan Nickel-Metal Hydride pada Penggunaan Mobil Listrik. 95-96.
- Manthey, N. (2018). *Norway: Electric Catamaran Future of Fjords Launch* . [electrive.com](http://electrive.com).
- Nordregio. (n.d.). *Nordic Thematic Group*. Retrieved from [Nordregio.se](http://Nordregio.se): <https://archive.nordregio.se>
- Nurhalim, R. (2019). *e-Oshima, Kapal Ferry Bertenaga Listrik dengan Baterai Sejenis Boeing 787 Dreamliner*. [kabarpemupang.com](http://kabarpemupang.com).
- Permana, R. (2018). *Inilah The Ampere, Kapal Ferry Pertama di Dunia dengan Tenaga Listrik*. [KapalAku.com](http://KapalAku.com).
- Rayyan. (2019). *Kapal Ferry Bertenaga Listrik Terbesar di Dunia Mulai Berlayar*. Oslo: Berita TRANS.
- Red and White Fleet*. (n.d.). Retrieved from [redandwhite.com](http://redandwhite.com): <https://redandwhite.com>
- Richard. (2019). *Japan's First Battery Ship by E-Oshima*. [upsbatterycenter.com](http://upsbatterycenter.com).
- Rohmadhana, F. (2016). *Analisis Teknis Dan Ekonomis Konversi Landing Craft Tank (LCT) Menjadi Kapal Motor Penyeberangan (KMP) Tipe Ro-Ro Untuk Rute Ketapang (Kabupaten Banyuwangi) - Gilimanuk (Kabupaten Jembrana)*. Surabaya.
- Ship Technology*. (2018). Retrieved from [www.ship-technology.com](http://www.ship-technology.com): <https://www.ship-technology.com>
- Suyadi. (2019). Diesel Electric Propulsion Sebagai Alternatif Power Plant pada Kapal-Kapal Komersial. Semarang.
- Syahrul, W. (2015). Sistem Propulsi Elektrik. 1.
- Syukra, R. (2019). *Toyota Komitmen Kembangkan Kendaraan Listrik di Indonesia*. Jakarta: Investor Daily Indonesia.
- Tunncliffe, A. (2019, September 3). *Ship Technology*. Retrieved from [www.ship-technology.com](http://www.ship-technology.com): <https://www.ship-technology.com>

## **LAMPIRAN**

Lampiran A Data Pendukung KMP. Prathita IV

Lampiran B *Layout* Kamar Mesin Baru

Lampiran C Perhitungan Teknis KMP. Prathita IV

Lampiran D Perhitungan Ekonomis KMP. Prathita IV

**LAMPIRAN A**  
**DATA PENDUKUNG KMP. PRATHITA IV**



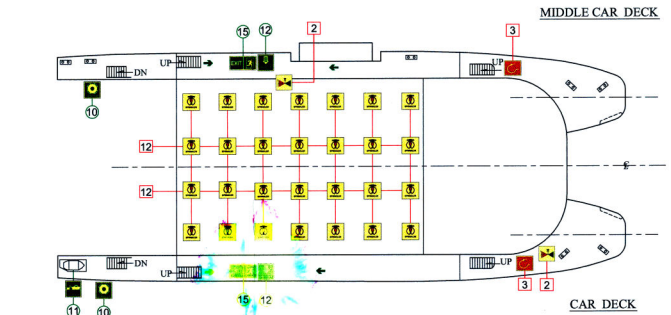
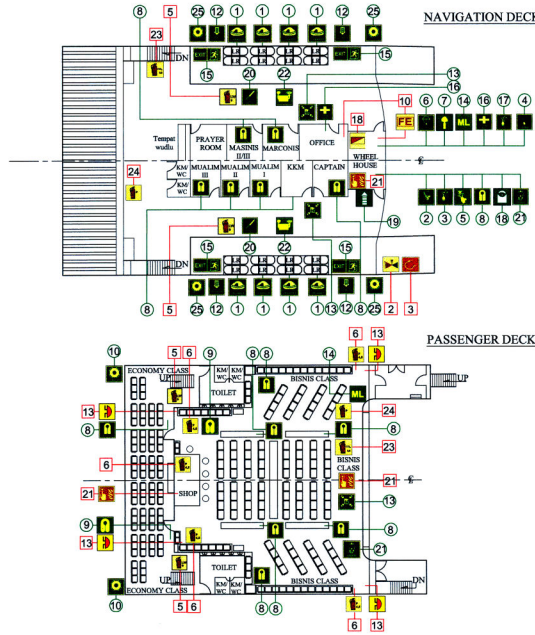
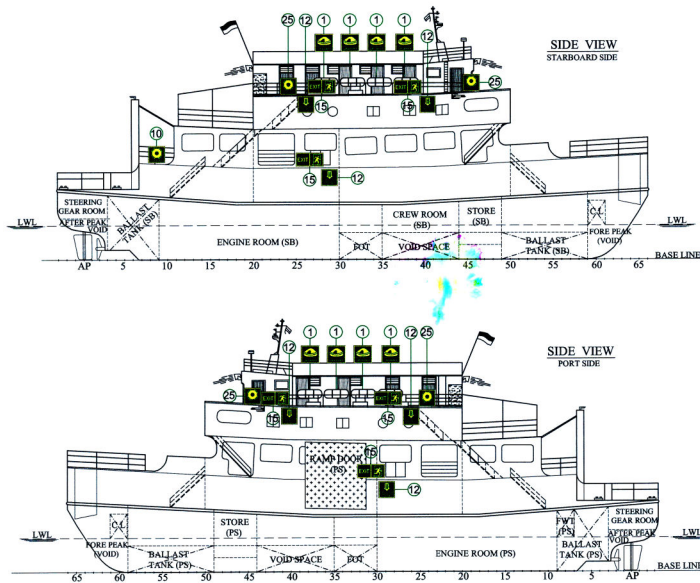
**PT. ASDP Indonesia Ferry (Persero)**  
**SPEKIFIKASI KAPAL**

<b>I</b>	<b>NAMA KAPAL / CALL SIGN</b>	: KMP. PRATHITA IV /YEUZ		
<b>II</b>	<b>TEMPAT PEMBUATAN / GALANGAN</b>	: JEPANG / NIPPON KOKAN KABUSHUKI KAISA		
<b>III</b>	<b>TAHUN PEMBUATAN</b>	: 1968		
<b>IV</b>	<b>LINTASAN</b>	: KETAPANG - GILIMANUK		
<b>V</b>	<b>TYPE KAPAL</b>	: RO-RO PASSANGER KATAMARAN / LUNAS GANDA		
<b>VI</b>	<b>UKURAN UTAMA</b>	:		
	1. PANJANG SELURUH ( LOA )	: 41.44	M	
	2. PANJANG ( LBP )	: 39.44	MF	
	3. LEBAR ( B )	: 16.00	M	
	4. DALAM ( D )	: 4.10	M	
	5. SARAT AIR ( d )	: 2.35	M	
	6. GRT / NT	: 507 / 152	T	
<b>VII</b>	<b>MESIN UTAMA</b>	:		
	1. MERK	: DAIHATSU		
	2. TYPE	: 6 PS TBM 26 DS		
	3. TENAGA KUDA / PK	: 650 PK X 2		
	4. JUMLAH MESIN	: 2 (DUA) UNIT		
	5. KECEPATAN MAKSIMUM	: 8 KNOT	KECEPATAN OPERASI : 6 KNOT	
	6. RPM	: 665	RPM	
	7. TAHUN PEMBUATAN MESIN	: 1968		
	8. JENIS BAHAN BAKAR	: HSD		
	9. NOMOR MESIN	: -		
<b>VIII</b>	<b>GENERATOR MESIN BANTU</b>	:		
	1. MODEL	: MITSUBISHI		
	2. TYPE	: 6 D 15 - 1 AT.1 X 77,28 KW / 6 D 14 - 1 AT.1 X 77,28 KW		
	3. JUMLAH MESIN	: 2 (DUA) UNIT		
	4. TENAGA KUDA / HP	: 105 X 2 HP		
	5. RPM	: 1200		
	6. KVA	: -		
<b>IX</b>	<b>KAPASITAS TANGKI</b>	:		
	1. TANGKI BAHAN BAKAR	: KIRI : 18 TON	: KANAN : 18 TON	JUMLAH : 36 TON
	2. TANGKI AIR TAWAR	: 5 TON		
	3. TANGKI BALLAST	:		
	a. Depan	: KIRI : 40 TON	: KANAN : 40 TON	JUMLAH : 80 TON
	b. Belakang	: KIRI : 40 TON	: KANAN : 40 TON	JUMLAH : 80 TON
<b>X</b>	<b>KAPASITAS MUAT</b>	:		
	1. JUMLAH PENUMPANG	:		
	a. Eksekutif	: -		
	b. Bisnis	: -		
	c. Ekonomi	: 293	ORANG	
	2. JUMLAH KENDARAAN	: 24	UNIT (CAMPURAN)	
	3. JUMLAH ABK	: 17	ORANG	
<b>XI</b>	<b>PINTU RAMPA</b>	:		
	1. PINTU RAMPA HALUAN	: PANJANG : 6,18 M	: LEBAR : 4,30 M	
	2. PINTU RAMPA BURITAN	: PANJANG : 6,22 M	: LEBAR : 4,30 M	
	3. PINTU RAMPA KIRI	: PANJANG : 4,69 M	: LEBAR : 4,60 M	
	4. PINTU RAMPA KANAN	: -		
<b>XII</b>	<b>TINGGI CARDECK</b>	:		
	TINGGI CARDECK HALUAN	: 3,90 M		
	TINGGI CARDECK BURITAN	: 3,80 M		



Jenis Beban	Jumlah	Power (kW)	Total (kW)	Berlayar	Sandar
<b>• Penerangan Ruangan</b>					
➤ Lampu TL	8	0.026	0.156	✓	✓
➤ Lampu downlight	36	0.001	0.032	✓	✓
<b>• Peralatan Navigasi</b>					
➤ Radar	1	0.05	0.05	✓	✓
➤ GPS	2	0.01	0.02	✓	✓
➤ Echo sounder	1	0.05	0.05	✓	✓
➤ Lampu navigasi	4	0.06	0.24	✓	✓
➤ Lampu darurat	4	0.06	0.24	✓	✓
➤ Lampu sorot	2	1	2	✓	✓
➤ Lampu labuh	1	0.65	0.65	✓	✓
<b>• Peralatan Komunikasi</b>					
➤ Radio	1	0.05	0.05	✓	✓
➤ VHF marine	1	0.05	0.05	✓	✓
➤ GMDSS	1	0.05	0.05	✓	✓
<b>• Peralatan Lainnya</b>					
➤ Magic com	4	0.45	1.8	-	-
➤ Kompor listrik	1	1	1	-	-
➤ Lemari es	3	0.1	0.3	✓	✓
➤ AC	7	0.64	3.84	✓	✓
➤ Pompa tangki harian	1	0.125	0.125	✓	-
➤ Pompa water jet	1	0.25	0.25	✓	-
➤ Electro motor & pompa	1	1.1	1.1	✓	-
➤ Fire detector	28	0.033	0.858	✓	✓
➤ FO transfer pump	2	2.5	5	✓	-
➤ LO priming pump	2	2.5	5	✓	-
➤ Compressor	2	5.5	11	✓	✓
➤ General service pump	2	4.5	9	✓	-
➤ Blower	2	6.5	13	✓	✓
➤ Ballast pump	2	3.5	7	✓	-
➤ Steering gear	2	3.5	7	✓	-
➤ Anchor winch	2	6.5	13	-	-
➤ Ramp door	2	16.5	16.5	-	✓
➤ OWS	2	0.25	0.5	✓	✓
➤ Pompa bilga	1	2.5	2.5	✓	
➤ Pompa pemadam kebakaran	1	5.5	5.5	✓	-
➤ Pompa sewage	1	2.5	2.5	✓	-

# SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN



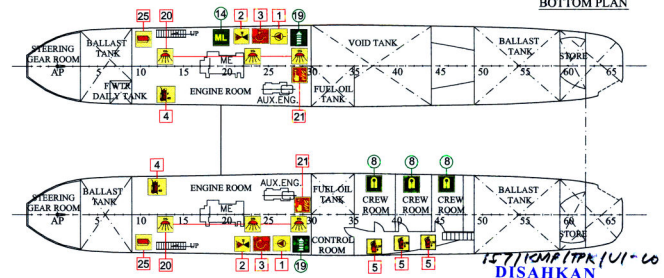
NO	SYMBOL	DESCRIPTION	NAV DECK	PASSE DECK	MIDDLE DECK	CAR DECK	BTM DECK	Σ	REF SOAS 1974	REMARKS
<b>LIVE SAVING APPLIANCES</b>										
1	[Symbol]	LIFE RAFT CAP. 25 PERSONS (L R)	16					16	32	
2	[Symbol]	HAND-HELD VHF RADIO	1	1	1			1	1	
3	[Symbol]	SEARCH & RESCUE RADAR TRANSPONDERISART	1					1	1	
4	[Symbol]	SATELLITE EPIRB	1					1	1	
5	[Symbol]	RED HAND FLARE	6					6	12	
6	[Symbol]	ROCKET PARACHUT FLARE	4					4	12	
7	[Symbol]	SMOKE DISTRESS SIGNAL	4					4	2	
8	[Symbol]	LIFE JACKETS WITH LIGHT	8	309				11	328	231
9	[Symbol]	CHILDREN LIFE JACKETS	56					56	43	
10	[Symbol]	LIFEBUOYS	2	2				4	4	
11	[Symbol]	RESCUE BOAT CAP. 2 PERSONS		1	1			1	1	
12	[Symbol]	EMERGENCY LADDER	4	2				6	2	
13	[Symbol]	MUSTER STATION	2	1				3	3	
14	[Symbol]	MUSTER LIST	1	1				1	3	3
15	[Symbol]	EMERGENCY EXIT	4	2				6	6	
16	[Symbol]	FIRST AID BOX	2					2	2	
17	[Symbol]	RADAR	1					1	1	
18	[Symbol]	COMPASS	1					1	1	
19	[Symbol]	VERTICAL LADDER	1			2	3	2	2	
20	[Symbol]	LINE THROWING APPLIANCE	2					2	2	
21	[Symbol]	EMERGENCY ESCAPE BREATHING DEVICE	1	1				2	2	
22	[Symbol]	MAN OVER BOARD	2					2	2	
23	[Symbol]	PRIMARY MEANS OF ESCAPE								
24	[Symbol]	BLACK BALL	3					3	3	
25	[Symbol]	LIFEBUOYS WITH LIFELINE	4					4	2	

NO	SYMBOL	DESCRIPTION	NAV DECK	PASSE DECK	MIDDLE DECK	CAR DECK	BTM DECK	Σ	REF SOAS 1974	REMARKS
<b>FIRE SAFETY EQUIPMENT</b>										
1	[Symbol]	GENERAL SERVICE, FIRE PUMP						2	2	
2	[Symbol]	FIRE HYDRANT	1	2	2			2	7	
3	[Symbol]	FIRE HOSE BOX WITH FIRE HOSE & JET/SPRAY N.	1	2	2			5	3	
4	[Symbol]	FIRE EXTINGUISHER WITH CRADLE @ 4.5 LITER	2	2				4	3	
5	[Symbol]	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER FOAM @ 4.5 LITER	2	2	4	3		11	6	
6	[Symbol]	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER FOAM @ 9 LITER	1	5				6	6	
7	[Symbol]	SAND BOX WITH SHOVEL		1	1			2	2	
8	[Symbol]	FIRE AXE		1	1			2	3	
9	[Symbol]	FIRE BUCKET		1	1			2	2	
10	[Symbol]	FIREMAN OUTFIT		2				2	2	
11	[Symbol]	QUICK CLOSING VALVE FO AND LO			2	2		4	2	
12	[Symbol]	SPRINKLER SYSTEM			28		28	28	24	
13	[Symbol]	FIRE & GENERAL ALARM BELL		4				4	4	
14	[Symbol]	EMERGENCY FIRE PUMP		1	1			2	1	
15	[Symbol]	SAND BOX		1	1			2	2	
16	[Symbol]	INTERNATIONAL SHORE CONNECTION		1	1			2	1	
17	[Symbol]	CO <sub>2</sub> RELEASE STATION			1	1		2	1	
18	[Symbol]	FIRE ALARM PANEL		1				1	1	
19	[Symbol]	WATER FOG APPLICATOR			3	3		6	3	
20	[Symbol]	SPACE PROTECTED BY CO <sub>2</sub>			6	6		12	6	
21	[Symbol]	MANUAL FIRE ALARM BOX		1	2	2		5	6	
22	[Symbol]	CO <sub>2</sub> BOTTLE (CAP.45 KG/BOTTLE)			2	2		4	2	
23	[Symbol]	PORTABLE CO <sub>2</sub> FIRE EXTINGUISHER 3.5 KG		1	1	1		3	1	
24	[Symbol]	DRY POWDER FIRE EXTINGUISHER 6 KG		1	1	1		3	3	
25	[Symbol]	CLOSING APPLIANCE FOR EXTERIOR VENT			2	2		4	2	

\* TOTAL KAP ALAT KESELAMATAN  
 -LEB 4 LITER 10% PELAYAR RENDAH  
 -LEB KAP 80 % PELAYAR  
 -LEB KAP 85 % PELAYAR

- FIREMAN'S OUTFIT :  
 - PROTECTIVE CLOTHING  
 - BOOTS AND GLOVES  
 - HELMET  
 - ELECTRICAL SAFETY LIGHT  
 - AXE

UKURAN UTAMA	
PANJANG SELURUH	41.44 M
PANJANG GARIS TEGAK	39.44 M
LEBAR	16.00 M
DALAM SARAT	4.10 M
SARAT MAXIMUM	3.49 M
MESIN UTAMA	2 X 650 HP
PENUMPANG	309 ORANG
ABK	18 ORANG
KENDARAAN	32 unit
KLASIFIKASI	BKI
TYPE KAPAL	KATAMARAN
KECEPATAN	9 KNOTS



**DISAHKAN**  
 A.n. Direktur Jenderal Perhubungan Laut  
 Direktur Perkapalan  
 Kepala Sub Direktorat Inspeksi Kapal  
 Jakarta, 09 JUL 2010  
 J. M. FADIL ROCHIM, M.Eng  
 Pembina Tingkat I (P/8)  
 NIP. 19551213198031001

MODIFICATION DETAIL/DESCRIPTION		REV :	BY :
<b>PT. INDONESIA FERRY (Persero)</b>			
<b>SAFETY AND FIRE CONTROL PLAN</b>			
<b>KMP. PRATHITA IV</b>			
DRAWN BY		PROJECT NO. :	
CHECKED BY		DRAWING NO. :	
APPROVED BY			
SCALE	1 : 175		



TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			MUJAT SELESAI		BRK	MUJAT SELESAI		BRK		
			DTG	DTG		DTG	DTG			
	K.1	PONTON	06 50	07 00	07 12	07 26	08 20	08 30	08 42	08 56
	K.2	MB 3	07 02	07 12	07 24	07 38	08 32	08 42	08 54	09 08
	K.3	MB 1	07 14	07 24	07 36	07 50	08 44	08 54	09 06	09 20
	K.4	PONTON	07 26	07 36	07 48	08 02	08 56	09 06	09 18	09 32
	K.5	MB 3	07 38	07 48	08 00	08 14	09 08	09 18	09 30	09 44
	K.6	MB 1	07 50	08 00	08 12	08 26	09 20	09 30	09 42	09 56
	K.7	PONTON	08 02	08 12	08 24	08 38	09 32	09 42	09 54	10 08
	K.8	MB 3	08 14	08 24	08 36	08 50	09 44	09 54	10 06	10 20
	K.9	MB 1	08 26	08 36	08 48	09 02	09 56	10 06	10 18	10 32
	K.10	PONTON	08 38	08 48	09 00	09 14	10 08	10 18	10 30	10 44
	K.11	MB 3	08 50	09 00	09 12	09 26	10 20	10 30	10 42	10 56
	K.12	MB 1	09 02	09 12	09 24	09 38	10 32	10 42	10 54	11 08
	K.13	PONTON	09 14	09 24	09 36	09 50	10 44	10 54	11 06	11 20
	K.14	MB 3	09 26	09 36	09 48	10 02	10 56	11 06	11 18	11 32
	K.15	MB 1	09 38	09 48	10 00	10 14	11 08	11 18	11 30	11 44

TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			MUJAT SELESAI		BRK	MUJAT SELESAI		BRK		
			DTG	DTG		DTG	DTG			
	K.1	PONTON	09 50	10 00	10 12	10 26	11 20	11 30	11 42	11 56
	K.2	MB 3	10 02	10 12	10 24	10 38	11 32	11 42	11 54	12 08
	K.3	MB 1	10 14	10 24	10 36	10 50	11 44	11 54	12 06	12 20
	K.4	PONTON	10 26	10 36	10 48	11 02	11 56	12 06	12 18	12 32
	K.5	MB 3	10 38	10 48	11 00	11 14	12 08	12 18	12 30	12 44
	K.6	MB 1	10 50	11 00	11 12	11 26	12 20	12 30	12 42	12 56
	K.7	PONTON	11 02	11 12	11 24	11 38	12 32	12 42	12 54	13 08
	K.8	MB 3	11 14	11 24	11 36	11 50	12 44	12 54	13 06	13 20
	K.9	MB 1	11 26	11 36	11 48	12 02	12 56	13 06	13 18	13 32
	K.10	PONTON	11 38	11 48	12 00	12 14	13 08	13 18	13 30	13 44
	K.11	MB 3	11 50	12 00	12 12	12 26	13 20	13 30	13 42	13 56
	K.12	MB 1	12 02	12 12	12 24	11 38	13 32	13 42	13 54	14 08
	K.13	PONTON	12 14	12 24	12 36	11 50	13 44	13 54	14 06	14 20
	K.14	MB 3	12 26	12 36	12 48	12 02	13 56	14 06	14 18	14 32
	K.15	MB 1	12 38	12 48	13 00	12 14	14 08	14 18	14 30	14 44

TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			MUJAT SELESAI		BRK	MUJAT SELESAI		BRK		
			DTG	DTG		DTG	DTG			
	K.1	PONTON	12 50	13 00	13 12	13 26	14 20	14 30	14 42	14 56
	K.2	MB 3	13 02	13 12	13 24	13 38	14 32	14 42	14 54	15 08
	K.3	MB 1	13 14	13 24	13 36	13 50	14 44	14 54	15 06	15 20
	K.4	PONTON	13 26	13 36	13 48	14 02	14 56	15 06	15 18	15 32
	K.5	MB 3	13 38	13 48	14 00	14 14	15 08	15 18	15 30	15 44
	K.6	MB 1	13 50	14 00	14 12	14 26	15 20	15 30	15 42	15 56
	K.7	PONTON	14 02	14 12	14 24	14 38	15 32	15 42	15 54	16 08
	K.8	MB 3	14 14	14 24	14 36	14 50	15 44	15 54	16 06	16 20
	K.9	MB 1	14 26	14 36	14 48	15 02	15 56	16 06	16 18	16 32
	K.10	PONTON	14 38	14 48	15 00	15 14	16 08	16 18	16 30	16 44
	K.11	MB 3	14 50	15 00	15 12	15 26	16 20	16 30	16 42	16 56
	K.12	MB 1	15 02	15 12	15 24	15 38	16 32	16 42	16 54	17 08
	K.13	PONTON	15 14	15 24	15 36	15 50	16 44	16 54	17 06	17 20
	K.14	MB 3	15 26	15 36	15 48	16 02	16 56	17 06	17 18	17 32
	K.15	MB 1	15 38	15 48	16 00	16 14	17 08	17 18	17 30	17 44

TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			MUJAT SELESAI		BRK	MUJAT SELESAI		BRK		
			DTG	DTG		DTG	DTG			
	K.1	PONTON	15 50	16 00	16 12	16 26	17 20	17 30	17 42	17 56
	K.2	MB 3	16 02	16 12	16 24	16 38	17 32	17 42	17 54	18 08
	K.3	MB 1	16 14	16 24	16 36	16 50	17 44	17 54	18 06	18 20
	K.4	PONTON	16 26	16 36	16 48	17 02	17 56	18 06	18 18	18 32
	K.5	MB 3	16 38	16 48	17 00	17 14	18 08	18 18	18 30	18 44
	K.6	MB 1	16 50	17 00	17 12	17 26	18 20	18 30	18 42	18 56
	K.7	PONTON	17 02	17 12	17 24	17 38	18 32	18 42	18 54	19 08
	K.8	MB 3	17 14	17 24	17 36	17 50	18 44	18 54	19 06	19 20
	K.9	MB 1	17 26	17 36	17 48	18 02	18 56	19 06	19 18	19 32
	K.10	PONTON	17 38	17 48	18 00	18 14	19 08	19 18	19 30	19 44
	K.11	MB 3	17 50	18 00	18 12	18 26	19 20	19 30	19 42	19 56
	K.12	MB 1	18 02	18 12	18 24	18 38	19 32	19 42	19 54	20 08
	K.13	PONTON	18 14	18 24	18 36	18 50	19 44	19 54	20 06	20 20
	K.14	MB 3	18 26	18 36	18 48	19 02	19 56	20 06	20 18	20 32
	K.15	MB 1	18 38	18 48	19 00	19 14	20 08	20 18	20 30	20 44



TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			DTG	MUJAT SELESAI	BRK	DTG	MUJAT SELESAI	BRK		
V	K.1	PONTON	18 50	19 00	19 12	19 26	20 20	20 30	20 42	20 56
	K.2	MB 3	19 02	19 12	19 24	19 38	20 32	20 42	20 54	21 08
	K.3	MB 1	19 14	19 24	19 36	19 50	20 44	20 54	21 06	21 20
	K.4	PONTON	19 26	19 36	19 48	20 02	20 56	21 06	21 18	21 32
	K.5	MB 3	19 38	19 48	20 00	20 14	21 08	21 18	21 30	21 44
	K.6	MB 1	19 50	20 00	20 12	20 26	21 20	21 30	21 42	21 56
	K.7	PONTON	20 02	20 12	20 24	20 38	21 32	21 42	21 54	22 08
	K.8	MB 3	20 14	20 24	20 36	20 50	21 44	21 54	22 06	22 20
	K.9	MB 1	20 26	20 36	20 48	21 02	21 56	22 06	22 18	22 32
	K.10	PONTON	20 38	20 48	21 00	21 14	22 08	22 18	22 30	22 44
	K.11	MB 3	20 50	21 00	21 12	21 26	22 20	22 30	22 42	22 56
	K.12	MB 1	21 02	21 12	21 24	21 38	22 32	22 42	22 54	23 08
	K.13	PONTON	21 14	21 24	21 36	21 50	22 44	22 54	23 06	23 20
	K.14	MB 3	21 26	21 36	21 48	22 02	22 56	23 06	23 18	23 32
	K.15	MB 1	21 38	21 48	22 00	22 14	23 08	23 18	23 30	23 44

TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			DTG	MUJAT SELESAI	BRK	DTG	MUJAT SELESAI	BRK		
VI	K.1	PONTON	21 50	22 00	22 12	22 26	23 20	23 30	23 42	23 56
	K.2	MB 3	22 02	22 12	22 24	22 38	23 32	23 42	23 54	00 08
	K.3	MB 1	22 14	22 24	22 36	22 50	23 44	23 54	00 06	00 20
	K.4	PONTON	22 26	22 36	22 48	23 02	23 56	00 06	00 18	00 32
	K.5	MB 3	22 38	22 48	23 00	23 14	00 08	00 18	00 30	00 44
	K.6	MB 1	22 50	23 00	23 12	23 26	00 20	00 30	00 42	00 56
	K.7	PONTON	23 02	23 12	23 24	23 38	00 32	00 42	00 54	01 08
	K.8	MB 3	23 14	23 24	23 36	23 50	00 44	00 54	01 06	01 20
	K.9	MB 1	23 26	23 36	23 48	00 02	00 56	01 06	01 18	01 32
	K.10	PONTON	23 38	23 48	00 00	00 14	01 08	01 18	01 30	01 44
	K.11	MB 3	23 50	00 00	00 12	00 26	01 20	01 30	01 42	01 56
	K.12	MB 1	00 02	00 12	00 24	00 38	01 32	01 42	01 54	02 08
	K.13	PONTON	00 14	00 24	00 36	00 50	01 44	01 54	02 06	02 20
	K.14	MB 3	00 26	00 36	00 48	01 02	01 56	02 06	02 18	02 32
	K.15	MB 1	00 38	00 48	01 00	01 14	02 08	02 18	02 30	02 44

TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			DTG	MUJAT SELESAI	BRK	DTG	MUJAT SELESAI	BRK		
VII	K.1	PONTON	00 50	01 00	01 12	01 26	02 20	02 30	02 42	02 56
	K.2	MB 3	01 02	01 12	01 24	01 38	02 32	02 42	02 54	03 08
	K.3	MB 1	01 14	01 24	01 36	01 50	02 44	02 54	03 06	03 20
	K.4	PONTON	01 26	01 36	01 48	02 02	02 56	03 06	03 18	03 32
	K.5	MB 3	01 38	01 48	02 00	02 14	03 08	03 18	03 30	03 44
	K.6	MB 1	01 50	02 00	02 12	02 26	03 20	03 30	03 42	03 56
	K.7	PONTON	02 02	02 12	02 24	02 38	03 32	03 42	03 54	04 08
	K.8	MB 3	02 14	02 24	02 36	02 50	03 44	03 54	04 06	04 20
	K.9	MB 1	02 26	02 36	02 48	03 02	03 56	04 06	04 18	04 32
	K.10	PONTON	02 38	02 48	03 00	03 14	04 08	04 18	04 30	04 44
	K.11	MB 3	02 50	03 00	03 12	03 26	04 20	04 30	04 42	04 56
	K.12	MB 1	03 02	03 12	03 24	03 38	04 32	04 42	04 54	05 08
	K.13	PONTON	03 14	03 24	03 36	03 50	04 44	04 54	05 06	05 20
	K.14	MB 3	03 26	03 36	03 48	04 02	04 56	05 06	05 18	05 32
	K.15	MB 1	03 38	03 48	04 00	04 14	05 08	05 18	05 30	05 44

TRIP	POSISI	DMG	KETAPANG			GILIMANUK				
			DTG	MUJAT SELESAI	BRK	DTG	MUJAT SELESAI	BRK		
VIII	K.1	PONTON	03 50	04 00	04 12	04 26	05 20	05 30	05 42	05 56
	K.2	MB 3	04 02	04 12	04 24	04 38	05 32	05 42	05 54	06 08
	K.3	MB 1	04 14	04 24	04 36	04 50	05 44	05 54	06 06	06 20
	K.4	PONTON	04 26	04 36	04 48	05 02	05 56	06 06	06 18	06 32
	K.5	MB 3	04 38	04 48	05 00	05 14	06 08	06 18	06 30	06 44
	K.6	MB 1	04 50	05 00	05 12	05 26	06 20	06 30	06 42	06 56
	K.7	PONTON	05 02	05 12	05 24	05 38	06 32	06 42	06 54	07 08
	K.8	MB 3	05 14	05 24	05 36	05 50	06 44	06 54	07 06	07 20
	K.9	MB 1	05 26	05 36	05 48	06 02	06 56	07 06	07 18	07 32
	K.10	PONTON	05 38	05 48	06 00	06 14	07 08	07 18	07 30	07 44
	K.11	MB 3	05 50	06 00	06 12	06 26	07 20	07 30	07 42	07 56
	K.12	MB 1	06 02	06 12	06 24	06 38	07 32	07 42	07 54	08 08
	K.13	PONTON	06 14	06 24	06 36	06 50	07 44	07 54	08 06	08 20
	K.14	MB 3	06 26	06 36	06 48	07 02	07 56	08 06	08 18	08 32
	K.15	MB 1	06 38	06 48	07 00	07 14	08 08	08 18	08 30	08 44



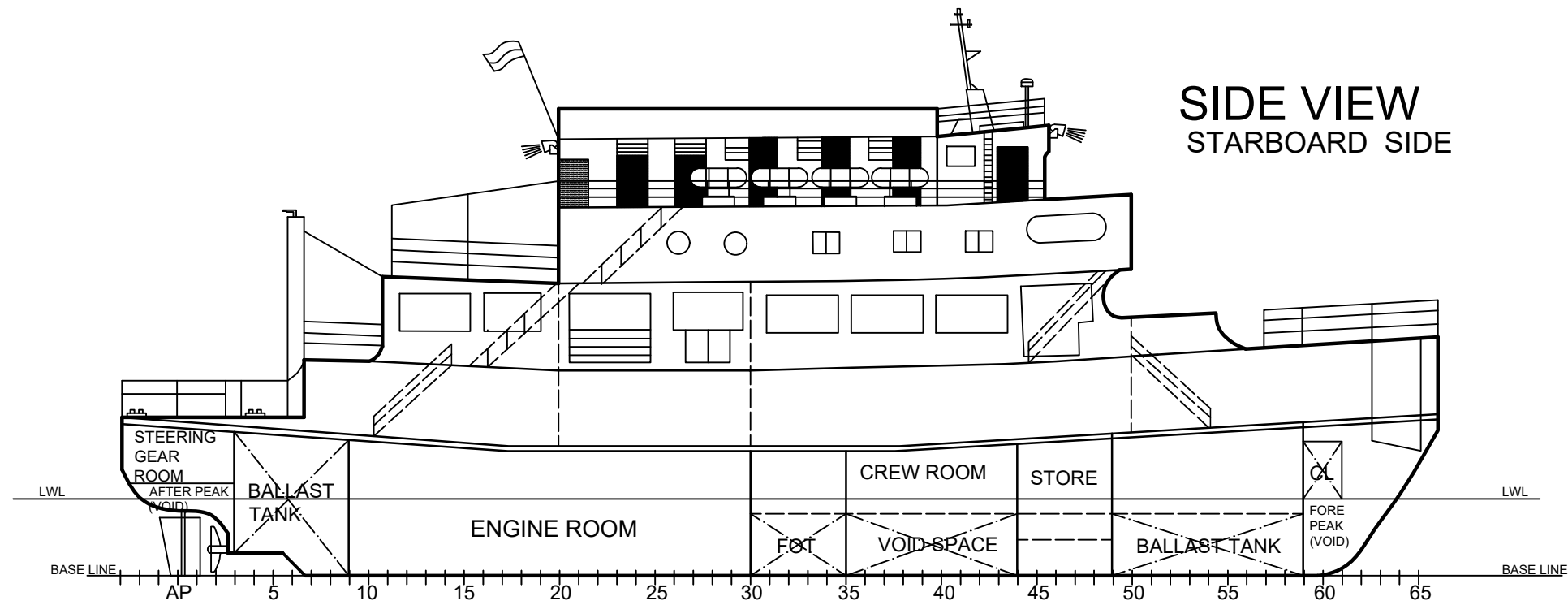
**JADWAL OPERASI KAPAL DI DERMAGA MB / PONTON KETAPANG - GILIMANUK**

NO. URUT KAPAL	KETAPEANG			DERMAGA	TANGGAL & HARI														GILIMANUK		
	TIBA	MUAT	BRKT		18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	TIBA	MUAT	BRKT	
K.1	06.50	07.00	07.25	PONTON	DMF	DMF	GIL.1	GIL.1	NSM	NSM	NGF	NGF	GIL.1	GIL.1	REN	REN	PONTON	08.20	08.42	08.58	
K.2	07.02	07.12	07.38	MB III	NSD	POT	AGW	TAN	NSD	JNS	SOM	SOM	AGW	TAN	AGW	AGW	MB III	08.32	08.54	09.08	
K.3	07.14	07.24	07.50	MB I	PGN	SBK.2	SK.2	JB.9	MNC.V	TB.1	PRT	MNC.V	STN	SBK.2	GIL.1	PGN	MB I	08.44	09.06	09.20	
K.4	07.26	07.36	08.02	PONTON	GIL.1	GIL.1	DRC	DRC	NGF	NGF	TB.2	TB.2	REN	NGF	NGF	GIL.1	PONTON	08.56	09.18	09.32	
K.5	07.38	07.48	08.14	MB III	TR.9	MA.3	TR.9	LSF	SOM	SOM	AGW	TAN	AGW	NSD	MA.3	TAN	MB III	09.08	09.30	09.44	
K.6	07.50	08.00	08.26	MB I	SBK.1	GS.1	GIL.1	PRT	SBK.2	SK.2	JB.9	SBK.2	TB.1	PRT	MNC.V	SBK.1	MB I	09.20	09.42	09.56	
K.7	08.02	08.12	08.38	PONTON	DRC	EDH	JNS	SOM	DRC	DRC	GIL.1	GIL.1	EDH	EDH	DRC	TB.2	PONTON	09.32	09.54	10.08	
K.8	08.14	08.24	08.50	MB III	POT	LSF	JNS	NSM	AGW	POT	NSD	POT	NSD	MA.3	LSF	JNS	MB III	09.44	10.06	10.20	
K.9	08.26	08.36	09.02	MB I	YNC	MNC.V	KMI.3	YNC	GS.1	GIL.1	YNC	GS.1	GIL.1	GS.1	SK.2	YNC	MB I	09.56	10.18	10.32	
K.10	08.38	08.48	09.14	PONTON	NSM	REN	NSM	DMF	DMF	EDH	EDH	DMF	NSM	DMF	NSM	DMF	PONTON	10.08	10.30	10.44	
K.11	08.50	09.00	09.26	MB III	JNS	SOM	TAN	NSD	POT	LSF	MA.3	MA.3	POT	LSF	JNS	SOM	MB III	10.20	10.42	10.56	
K.12	09.02	09.12	09.38	MB I	PRT	JB.8	TB.1	SBK.1	JB.8	STN	SK.2	SK.2	YNC	JB.8	KMI.3	JB.9	MB I	10.32	10.54	11.08	
K.13	09.14	09.24	09.50	PONTON	TAN	AGW	NSM	MA.3	TR.9	MA.3	TR.9	DRC	DRC	TB.2	EDH	NSM	PONTON	10.44	11.06	11.20	
K.14	09.26	09.36	10.02	MB III	JB.9	BON	STN	PGN	BON	KMI.3	PGN	LSF	TR.9	SDM	TR.9	NSD	MB III	10.56	11.18	11.32	
K.15	09.38	09.48	10.14	MB I	BON	SBK.1	GS.1	SK.2	YNC	JB.8	KMI.3	JB.9	SBK.2	BON	STN	PRT	MB I	11.08	11.30	11.44	
<b>STANDBY MB I</b>																					
<b>STANDBY MB II</b>																					
<b>STANDBY MB III</b>																					
<b>STANDBY PONTON</b>																					

PERICODE : 19 s.d 30 September 2019  
 No : AP\_204004/19/ISA/PEL-KTPG/2019

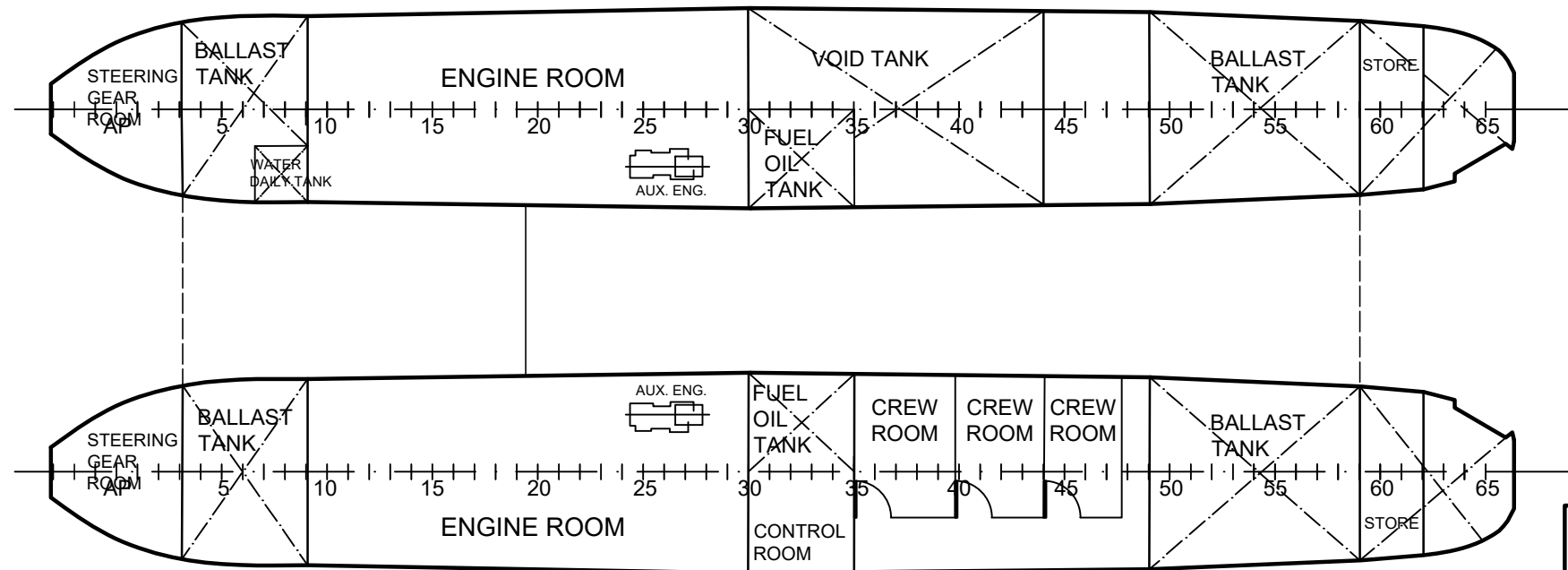
Ket : Dermaga MB II adalah  
 KMP, Cemerindo, KMP, Dharma Kosala, KMP, Rahwali Net dan KMP, Merata Pratiama DOCKING

\* Dithimbau untuk selalu berkoordinasi dengan STC mengenai pengaturan jadwal



**SIDE VIEW  
STARBOARD SIDE**

**BOTTOM PLAN**



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	FERRY RORO
LENGTH OVERALL (Loa)	41.44 m
BREADTH (B)	16 m
HEIGHT (H)	4.1 m
DRAUGHT (T)	2.35 m
SERVICE SPEED (Vs)	6 knot
PASSENGER	293 Persons



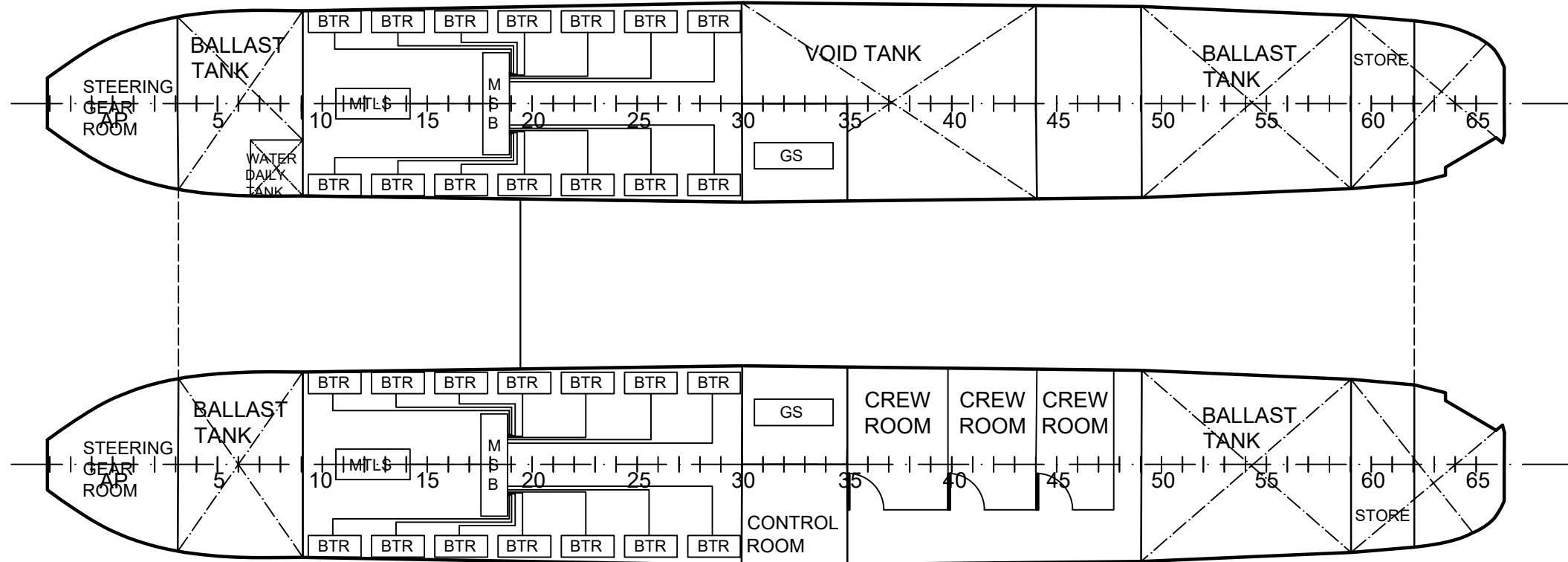
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**KMP. PRATHITA IV**

**RENCANA UMUM**


SCALE	1 : 120	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Chevi Cornilo Handika Putri			0411134000041
APPROVE	Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.			A2

**LAMPIRAN B**  
***LAYOUT KAMAR MESIN BARU***



KETERANGAN GAMBAR	
BTR	BATERAI
MSB	MAIN SWITCH BOARD
MTLS	MOTOR LISTRIK
GS	GENSET

PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	FERRY RORO
LENGTH OVERALL (Loa)	41.44 m
BREADTH (B)	16 m
HEIGHT (H)	4.1 m
DRAUGHT (T)	2.35 m
SERVICE SPEED (Vs)	6 knot
PASSENGER	293 Persons

 DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER				
<b>KMP. PRATHITA IV</b>				
<b>LAYOUT KAMAR MESIN</b>				
SCALE	1 : 100	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Chevi Cornilo Handika Putri			0411134000041
APPROVE	Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.			A2



**LAMPIRAN C**  
**PERHITUNGAN TEKNIS**

**LWT**

**Baterai dan komponennya**

1. Baterai	= 28 x 1610		
	45080 kg	45.08	ton
2. Motor listrik	= 2 x 4070		
	8140 kg	8.14	ton
3. Genset	= 2 x 1100		
	2200 kg	2.2	ton
4. Main switchboard	= 2 x 2300		
	4600 kg	4.6	ton
5. Genset	= 2 x 1500		
	3000 kg	3	ton
<b>W total =</b>	<b>63020 kg</b>	<b>63.02</b>	<b>ton</b>

**Berat baja**

**A. Bangunan atas**

1. Navigation deck	p =	15.2801	m
	l =	14	m
	t =	2.5102	m
	v =	536.9855	
2. Passanger deck	p =	18.0018	m
	l =	14	m
	t =	2.3441	m
	v =	590.7723	
3. Middle car deck	p =	23.5337	m
	l =	14	m
	t =	2.792	m
	v =	919.8853	
4. Car deck	p =	33.5645	m
	l =	16	m
	t =	4.16	m
	v =	2234.053	

$$\begin{aligned}
 V_{\text{total}} &= 4281.696 \\
 D_A &= H + (V_{\text{total}})/(L \cdot B) \\
 &= 6.791639 \text{ m} \\
 C_{SO} &= 0.058 \\
 \Delta_{\text{kapal}} &= 743.759 \text{ ton} \\
 U &= \log \left( \frac{\Delta}{100} \right) \\
 &= 0.871432 \\
 CS &= C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5U + 0.1U^{2.45})} \\
 &= 0.099679 \\
 W_{\text{st}} &= L \cdot B \cdot D_A \cdot CS \\
 &= \mathbf{213.6029 \text{ ton}}
 \end{aligned}$$

Equipment dan Outfitting			
The specific volumetric and unit area weights are:			
	For small and medium sized cargo ship :	160 – 170	kg/m <sup>2</sup>
	For large cargo ships, large tanker, etc :	180 – 200	kg/m <sup>2</sup>
	Therefore, for oat, it is used :	170	kg/m <sup>2</sup>
1. Navigation deck	p =	15.2801	m
	l =	14	m
	A =	213.9214	
	W =	36.36664	ton
2. Passanger deck	p =	18.0018	m
	l =	14	m
	A =	252.0252	
	W =	42.84428	ton
3. Middle car deck	p =	23.5337	m
	l =	14	m
	A =	329.4718	
	W =	56.01021	ton
4. Car deck	p =	33.5645	m
	l =	16	m
	A =	537.032	
	W =	91.29544	ton

W total = 226.5166 ton

Miscellaneous

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

W =  $(L*B*D)^{2/3} * C$   
49.0005 ton

W ramp door = 3 x 25.65  
76.95 ton

**W total = 352.4671 ton**

**LWT total = 627.5899 ton**

DWT	
Consumable and crew	
W tangki air tawar =	5 ton
W crew = $0.17 \times 17$	2.89 ton
W total =	<b>7.89</b> ton

Penumpang	
W penumpang = $0.17 \times 293$	<b>49.81</b> ton

Kendaraan				
jenis kendaraan	dimensi (m)	berat (kg)	jumlah	berat total
bis	7,5 x 2,2	10000	2	20000
mobil	3,9 x 1,8	1500	8	12000
motor	2 x 0,75	10	14	140
			W total	32140 kg
				<b>32.14</b> ton
DWT total =				<b>89.84</b> ton

$\Delta$ kapal =	LWT + DWT	
	718.9299303	ton
$\Delta$ kapal dari		
maxsurf =	743.759	ton
margin =	24.82906971	
	0.033383219	
	3.34%	

**LAMPIRAN D**  
**PERHITUNGAN EKONOMIS**

## Perhitungan Biaya Operasional

### 1. Biaya Pembayaran Cicilan Bank

(ref: Bank Mandiri)

<p>Cash Loan</p> <p>Kredit Investasi</p> <p>Kredit investasi adalah kredit jangka menengah/panjang yang diberikan kepada (calon) debitur untuk membiayai barang-barang modal dalam rangka rehabilitasi, modernisasi, perluasan ataupun pendirian proyek baru, misalnya untuk pembelian mesin-mesin, bangunan dan tanah untuk pabrik, yang pelunasannya dari hasil usaha dengan barang-barang modal yang dibiayai.</p> <p>Ketentuan :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mempunyai Feasibility Study.</li> <li>• Mempunyai izin-izin usaha, misalnya SIUP, TDP, dll.</li> <li>• Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (Grace Period) maksimum 4 tahun.</li> <li>• Agunan utama adalah usaha yang dibiayai. Debitur menyerahkan agunan tambahan jika menurut penilaian Bank diperlukan.</li> <li>• Maksimum pembiayaan bank 65% dan Self Financing (SF) 35%.</li> </ul> <p>Bunga :</p> <p>Suku bunga kredit 13,5 % *)</p>
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

No	Keterangan			Nilai Uang
1	Biaya Produksi	=	Rp	3,782,506,954.78
2	Besar Pinjaman Bank (65%)	=	Rp	2,458,629,520.61
3	Besar Bunga Bank (13.5% dari pinjaman)	=	Rp	331,914,985.28
4	Masa Pinjaman (Tahun)	=		15
5	Jumlah Cicilan Setiap Tahun	=		1
Maka ;				
6	Besar Cicilan Setiap Tahun	=	Rp	495,823,619.99

### 2. Biaya Asuransi Kapal

Biaya asuransi kapal yang dibayarkan setiap tahun adalah diasumsikan 5% dari total biaya produksi. Maka ;

<p>Biaya =            5% x Biaya Produksi</p> <p>=                    Rp        189,125,347.74</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------

### 3. Biaya Perawatan Kapal

Anggaran biaya perawatan kapal yang dikeluarkan setiap tahun adalah diasumsikan 10% dari total biaya produksi. Maka ;

Biaya =	10% x Biaya Produksi
= Rp	378,250,695.48

### 4. Biaya Gaji Kru Kapal

Kru kapal yang mengoperasikan kapal ini berjumlah 17 orang dengan gaji yang diberikan untuk ship crew adalah Rp 5.000.000 pada setiap bulannya. Maka biaya yang dikeluarkan setiap tahunnya ;

Biaya =	Jumlah Kru x Gaji x 12 bulan
= Rp	1,020,000,000.00

### 5. Biaya Bahan Bakar

Biaya Bahan Bakar Genset sebagai Mesin Utama (setiap tahun)

No	Keterangan		Nilai
1	Harga Bahan Bakar	=	Rp 5,150.00
2	Waktu Kapal Beroperasi dalam 1 hari (jam)	=	24.00
3	Kebutuhan Bahan Bakar (liter/jam)	=	21.00
4	Kebutuhan Bahan Bakar Total (liter)	=	504.00
Maka ;			
5	Harga Bahan Bakar / Hari	=	Rp 2,595,600.00
6	Harga Bahan Bakar / Tahun	=	Rp 947,394,000.00

### 6. Biaya Air Bersih

No	Keterangan		Nilai Uang
1	Harga Air Tawar/ton	=	Rp 100,000.00
2	Kebutuhan Air Tawar/hari	=	5.00
Maka ;			
3	Harga Air Tawar / Hari	=	Rp 500,000
4	Harga Air Tawar / Tahun	=	Rp 182,500,000.00



### 7. Biaya Pengecasan Baterai

No	Keterangan		Nilai Uang
1	Jumlah Baterai	=	27
2	Daya Tiap Baterai	=	57.6
3	Total Daya Baterai	=	1555
4	Harga Listrik / kWh	=	Rp 1,400.00
5	Total Harga Listrik / Hari	=	Rp 2,177,280.00
6	Total Harga Listrik / Tahun	=	Rp 794,707,200.00

Rekapitulasi Biaya Operasional Setiap Tahun			
1	Biaya Cicilan Bank	=	Rp 178,206,327.20
2	Biaya Asuransi	=	Rp 40,919,937.36
3	Biaya Perawatan	=	Rp 81,839,874.72
4	Biaya Gaji Kru	=	Rp 1,020,000,000.00
5	Biaya Bahan Bakar	=	Rp 1,500,040,500.00
6	Biaya Air Tawar	=	Rp 182,500,000.00
7	Biaya Pembelian Baterai	=	Rp 1,396,479,999.42
8	Biaya Pengecasan Baterai	=	Rp 794,707,200.00
Maka Biaya Total yang Dikeluarkan;			
		=	Rp 5,404,280,862.63

## BIODATA PENULIS



Chevi Cornilo Handika Putri, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Mojokerto pada 9 November 1994 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Dharma Wanita Rungkut Surabaya, kemudian melanjutkan ke SDN Kalirungkut III/561 Surabaya, SMPN 35 Surabaya dan SMAN 16 Surabaya. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2013 melalui jalur SNMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen Kewirausahaan Himatekpal FTK ITS 2014/2015, sekretaris SFSC SAMPAN 8 ITS 2013/2014, serta sekretaris 2 SAMPAN 9 ITS 2014/2015. Selan itu, Penulis juga pernah mengikuti beberapa pelatihan seperti LKMM Pra TD, LKMM TD, dan PWO Himatekpal

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