



TUGAS AKHIR - MN 184802

**KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS DESAIN KONVERSI
KAPAL PENYEBRANGAN WISATA DENGAN KONSEP
SOLAR-POWERED BOAT DI KAWASAN MANDEH,
SUMATERA BARAT**

**Khalis Abrar
NRP 0411154000060**

**Dosen Pembimbing
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



TUGAS AKHIR - MN 184802

**KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS DESAIN KONVERSI
KAPAL PENYEBRANGAN WISATA DENGAN KONSEP
SOLAR-POWERED BOAT DI KAWASAN MANDEH,
SUMATERA BARAT**

**Khalis Abrar
NRP 0411154000060**

**Dosen Pembimbing
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2019**



FINAL PROJECT - MN 184802

**TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSIS OF
TRADITIONAL PASSENGER BOAT BY USING SOLAR-
POWERED CONCEPT IN MANDEH REGION, WEST
SUMATERA**

**Khalis Abrar
NRP 04111540000060**

**Supervisor
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
Danu Utama, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY
SURABAYA
2019**

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS DESAIN KONVERSI KAPAL PENYEBRANGAN WISATA DENGAN KONSEP *SOLAR-POWERED BOAT* DI KAWASAN MANDEH, SUMATERA BARAT

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:


KHALIS ABRAR
NRP 04111540000060

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:


Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I


Danu Utama, S.T., M.T.
NIP 19901008 201803 1 001


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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan


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

SURABAYA, 7 MEI 2019

LEMBAR REVISI

KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS DESAIN KONVERSI KAPAL PENYEBRANGAN WISATA DENGAN KONSEP *SOLAR-POWERED BOAT* DI KAWASAN MANDEH, SUMATERA BARAT

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 23 April 2019

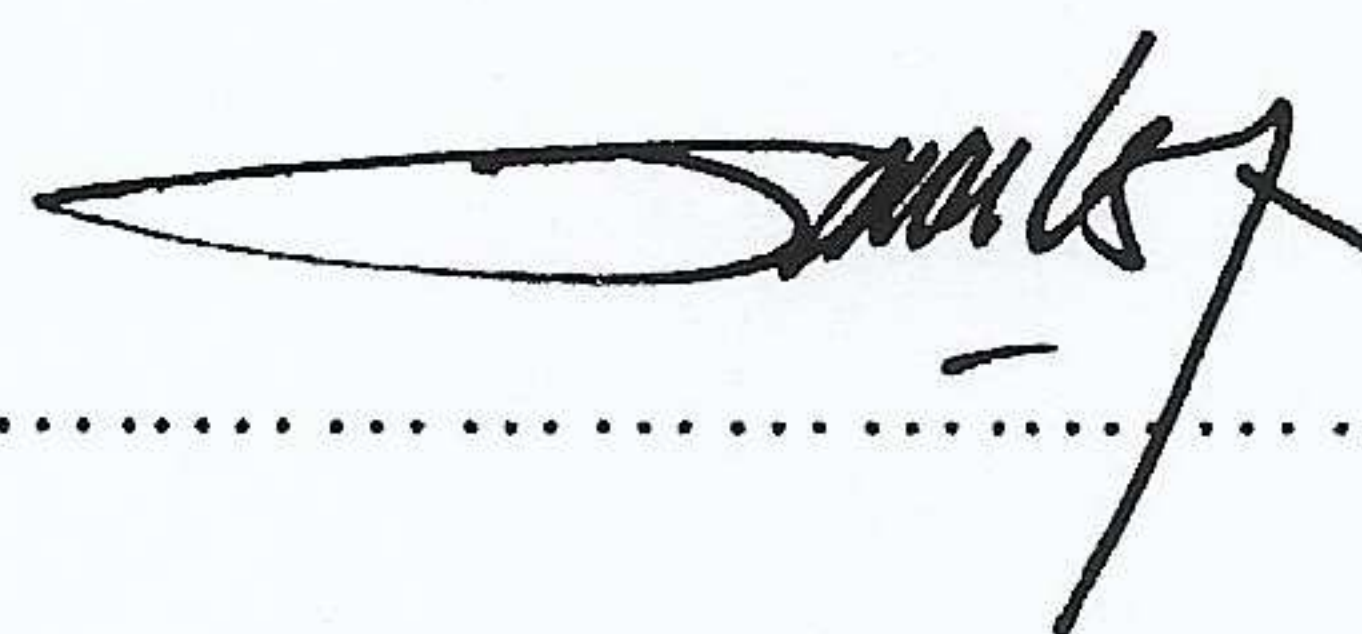
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan
Fakultas Teknologi Kelautan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

KHALIS ABRAR
NRP 04111540000060

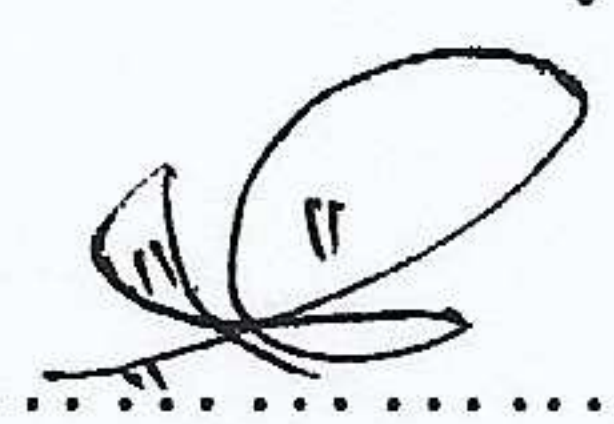
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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



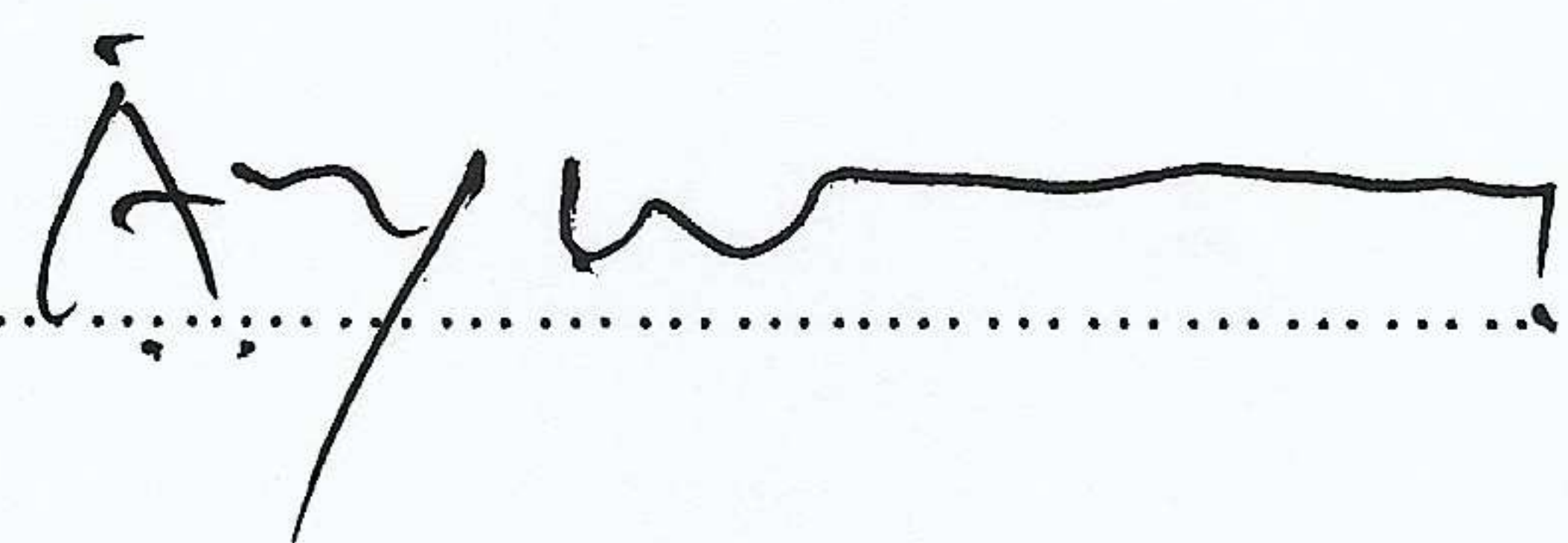
.....

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



.....

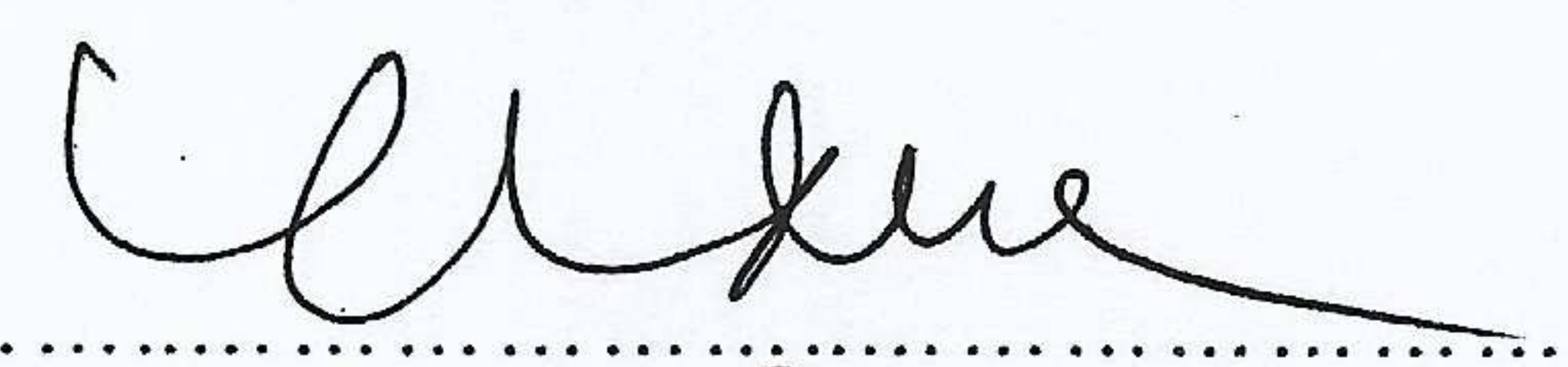
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.



.....

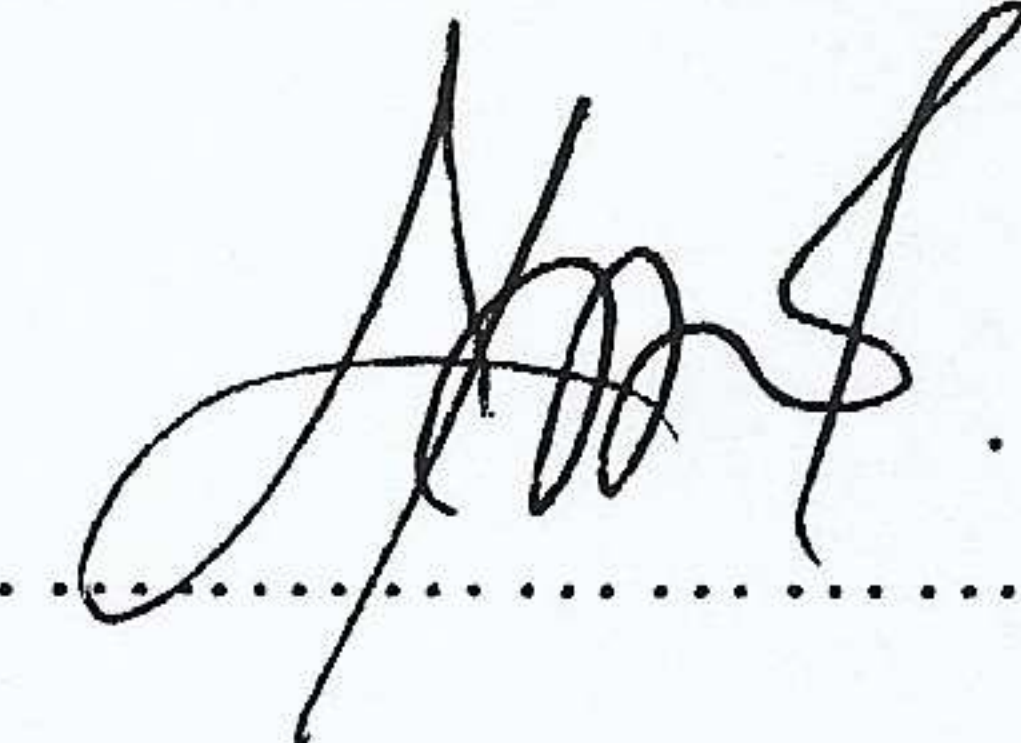
Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



.....

2. Danu Utama, S.T., M.T.



.....

SURABAYA, 7 MEI 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

KATA PENGANTAR

Sesungguhnya segala puji hanya milik Allah, kepada-Nya kami memuji, memohon pertolongan dan memohon ampunan. Kami memohon perlindungan kepada Allah dari keburukan diri kami dan kejelekan perbuatan-perbuatan kami. Selawat dan salam semoga senantiasa tercurahkan kepada Rasulullah *Shalallahu alaihi wa salam* beserta keluarga, para sahabat dan para pengikutnya hingga hari kiamat kelak.

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir dengan judul :”Kajian Teknis dan Ekonomis Desain Konversi Kapal Penyebrangan Wisata dengan Konsep *Solar-powered Boat* di Kawasan Mandeh, Sumatera Barat” 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 Danu Utama, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing yang telah meluangkan waktu untuk memberikan bimbingan, motivasi dan ilmu selama pengerjaan dan penyusunan tugas akhir ini;
2. Bapak Prof. Ir. I Ketut Aria Pria Utama, M.Sc., Ph.D. selaku dosen wali yang telah memberi bimbingan dan motivasi dari awal mulai berkuliah di departemen teknik perkapalan;
3. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku kepala departemen selama penulis berkuliah di departemen teknik perkapalan;
4. 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;
5. Kepada Ibu dan Bapak yang berada di kampung halaman yang senantiasa memberikan dukungan baik moril atau pun materi, membiayai perkuliahan, memberi motivasi, nasehat dan doa dari awal perkuliahan di departemen teknik perkapalan bahkan dari sebelum itu;

6. Teman-teman Samudra Raksa (P-55) yang menemani dan memberi dukungan selama perkuliahan di teknik perkapalan dan mudah-mudahan terus berlanjut hingga masa yang akan datang.
7. Firman Wahyudi yang telah membantu pengumpulan data dalam pelaksanaan tugas akhir ini.
8. Kepada adik-adik tersayang Hanum dan Kiki yang telah membantu penulis dalam melakukan survei dan pengambilan data ke lokasi survei.
9. Bang Kengke dan Bang Epi yang telah bersedia agar kapalnya digunakan sebagai objek dalam survei tugas akhir ini.
10. Teman-teman Khatsanah yang telah bersama semenjak SMA di mana pun berada.
11. Wulandari Febri, Rifal Mulyadi M., dan Yuli Astari Handayani yang turut membantu dalam perhitungan ekonomis.

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, 25 Maret 2019

Khalis Abrar

KAJIAN TEKNIS DAN EKONOMIS DESAIN KONVERSI KAPAL PENYEBRANGAN WISATA DENGAN KONSEP *SOLAR-POWERED BOAT* DI KAWASAN MANDEH, SUMATERA BARAT

Nama Mahasiswa : Khalis Abrar
NRP : 0411154000060
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
2. Danu Utama, S.T., M.T.

ABSTRAK

Dengan meningkatnya emisi gas karbon dioksida (CO₂) di udara yang menyebabkan efek rumah kaca pada atmosfer bumi. Selain itu, jumlah kendaraan bermotor yang semakin banyak meningkatkan permintaan terhadap bahan bakar fosil yang sifatnya terbatas dirasa perlu untuk mencari energi alternatif yang jumlahnya banyak dan lebih bersih terhadap lingkungan. Pemanfaatan energi matahari merupakan salah satu solusi terbaik dalam permasalahan energi. Selain jumlahnya yang sangat banyak, pemanfaatan energi matahari terbilang bersih dari emisi. Energi matahari juga bisa dimanfaatkan sebagai sumber energi utama penggerak kapal. Kawasan mandeh yang memiliki destinasi wisata bahari yang sedang meningkat dan terus dikembangkan oleh pemerintah. Kapal-kapal yang digunakan sebagai alat transportasi di sana masih menggunakan bahan bakar fosil sebagai bahan bakar utamanya. Dengan memanfaatkan energi matahari sebagai sumber energi utama menggantikan bahan bakar fosil diharapkan dapat meningkatkan kepedulian terhadap lingkungan dan menarik wisatawan terhadap pemanfaatan teknologi energi terbarukan. Dengan menggunakan kapal tradisional yang telah ada sebagai subjek dengan ukuran L=11 m; B=2 m; H=0,81 m; T=0,35m dilakukan perhitungan hambatan yang didapat sebesar 0,642 kN dengan *power* yang dibutuhkan sebesar 2,65 kW digunakan motor EZ *Outboard* dengan empat buah baterai Trojan T1275. Energi untuk menggerakkan motor disuplai dari panel surya sebanyak 9 buah panel dengan daya 320 Watt. Dengan investasi awal sebesar Rp105.882.827,40.

Kata Kunci : Energi terbarukan, Energi Matahari, Kawasan mandeh, Panel Surya

TECHNICAL AND ECONOMICAL ANALYSIS OF TRADITIONAL PASSENGER BOAT BY USING SOLAR-POWERED BOAT CONCEPT IN MANDEH REGION, WEST SUMATERA

Author : Khalis Abrar
Student Number : 0411154000060
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.
2. Danu Utama, S.T., M.T.

ABSTRACT

With the increasing emissions of carbon dioxide (CO₂) in the air which causes a greenhouse effect on the Earth's atmosphere. In addition, the increasing number of motorized vehicles is increasing the demand for fossil fuels which are limited in nature in order to find alternative energy that is abundant and cleaner for the environment. Utilization of solar energy is one of the best solutions to energy problems. In addition to the very large number, the utilization of solar energy is relatively clean from emissions. Solar energy can also be used as the main energy source for ship propulsion. Mandeh areas that have marine tourism destinations that are increasing and continue to be developed by the government. The ships used as transportation there still use fossil fuels as their main fuel. By utilizing solar energy as the main energy source replacing fossil fuels, it is expected to increase awareness of the environment and attract tourists to the use of renewable energy technologies. By using existing traditional vessels as subjects with sizes $L = 11\text{ m}$; $B = 2\text{ m}$; $H = 0.81\text{ m}$; $T = 0.35\text{ m}$ calculated the resistance obtained at 0.642 kN with the required power of 2.65 kW used the EZ Outboard motor with four Trojan T1275 batteries. Energy to drive a motor is supplied by 9 solar panels with a power of 320 Watts. With an initial investment of IDR 105,882,827.40.

Keywords: Renewable energy, solar energy, Mandeh area, solar panel

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR SIMBOL	xiv
Bab I PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang Masalah.....	1
I.2. Perumusan Masalah.....	2
I.3. Tujuan.....	2
I.4. Batasan Masalah.....	2
I.5. Manfaat.....	3
Bab II STUDI LITERATUR	5
II.1. Kawasan Wisata Mandeh	5
II.2. Potensi Energi Matahari di Indonesia	9
II.3. Kapal Penyebrangan Tradisional	11
II.4. Kapal Bertenaga Surya.....	12
II.5. Panel Surya.....	14
II.5.1. Umum	14
II.5.2. Prinsip Kerja Panel Surya.....	16
II.6. Baterai	18
II.7. Motor Listrik	21
II.8. Hambatan Kapal.....	23
II.9. Stabilitas.....	28
II.10. Analisis Ekonomis.....	33
Bab III METODOLOGI.....	37
III.1. <i>Flow chart</i> (Alur) Penelitian	37
III.2. Tahap Pengerjaan Tugas Akhir.....	39
III.2.1. Studi Literatur	39
III.2.2. Pengumpulan Data	39
III.2.3. Membuat Rencana Garis.....	39
III.2.4. Menghitung Hambatan dan Daya Kapal.....	40
III.2.5. Menghitung Jumlah dan Tipe Baterai.....	40
III.2.6. Menghitung Panel Surya yang dibutuhkan	40
III.2.7. Mendesain Rencana Umum	40
III.2.8. Menghitung Investasi, Biaya Operasional dan Harga Tiket	40
III.2.9. Mendesain Gambar 3D	40
Bab IV haSIL DAN PEMBAHASAN.....	41
IV.1. Survei Lapangan.....	41
IV.2. Pemodelan	43
IV.3. Perhitungan Hambatan	46

IV.4.	Perhitungan Power	48
IV.5.	Penentuan Motor Listrik.....	49
IV.6.	Penentuan Baterai.....	51
IV.7.	Penentuan Panel Surya	52
IV.8.	Menggambar Rencana Umum Kapal	54
IV.9.	Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	54
IV.9.1.	Perhitungan Berat Lambung	54
IV.9.2.	Berat Outfitting	57
IV.9.3.	Berat Muatan.....	57
IV.9.4.	Berat Total	58
IV.10.	Pemeriksaan Stabilitas Kapal	59
IV.11.	Pemeriksaan <i>Freeboard</i>	63
IV.12.	Pemodelan 3 Dimensi.....	63
Bab V	Analisis ekonomis	67
V.1.	Perhitungan Biaya Konversi Kapal	67
V.2.	Penentuan Harga Sewa.....	69
V.3.	Perhitungan NPV (<i>Net Present Value</i>).....	70
Bab VI	KESIMPULAN DAN SARAN	73
VI.1.	Kesimpulan.....	73
VI.2.	Saran.....	73
DAFTAR	PUSTAKA.....	75

LAMPIRAN

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Peta Lokasi Wisata Mandeh.....	7
Gambar II.2 Aktivitas <i>Cliff Jumping</i>	8
Gambar II.3 Aktivitas <i>Water Sky</i>	8
Gambar II.4 Kurva Iradasi Matahari Sepanjang Hari.....	10
Gambar II.5 PLTS Daruba Pulau Morotai.....	11
Gambar II.6 Kapal Penyebrangan Tradisional	12
Gambar II.7 MS Tûranor PlanetSolar.....	13
Gambar II.8 Panel Surya	14
Gambar II.9 Perbandingan Foto Listrik dan dan Fotovoltaik.....	17
Gambar II.10 Penyerapan Cahaya Matahari.....	17
Gambar II.11 Baterai Torqeedo Power 48-5000	20
Gambar II.12 RMS Queen Elizabeth II	22
Gambar II.13 Motor Listrik Torqeedo.....	22
Gambar II.14 Pergerakan Gaya Apung dan Berat pada Gangguan Rotasi Kecil	29
Gambar II.15 Kondisi Stabilitas Positif.....	30
Gambar II.16 Kondisi Stabilitas Netral	31
Gambar II.17 Kondisi Stabilitas Negatif	31
Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir	38
Gambar IV.1 Kapal Penyebrangan Tradisional.....	41
Gambar IV.2 Rute Penyebrangan Wisata.....	42
Gambar IV.3 Penentuan <i>zeropoint</i> desain	43
Gambar IV.4 Pemilihan <i>space</i> antar <i>station</i>	44
Gambar IV.5 Memberikan <i>grid spacing</i> pada desain.....	44
Gambar IV.6 Desain yang sudah diberi <i>control point</i>	45
Gambar IV.7 Gambar Rencana Garis Kapal Tradisional	45
Gambar IV.8 Memilih <i>Surface</i> yang Masuk Dalam Perhitungan	46
Gambar IV.9 Memilih Metode Dalam Perhitungan Hambatan Pada Software Maxsurf.....	46
Gambar IV.10 Hambatan dengan Maxsurf Resistance	47
Gambar IV.11 Gambar Rencana Umum	54
Gambar IV.12 Buka Kulit.....	55
Gambar IV.13 Pilihan Analisis yang Bisa Dilakukan	59
Gambar IV.14 Pemilihan Kriteria Stabilitas.....	60
Gambar IV.15 Kotak Dialog <i>Loadcase Properties</i>	60
Gambar IV.16 Persyaratan Kemiringan Kapal.....	62
Gambar IV.17 Kurva GZ masing-masing <i>loadcase</i>	62
Gambar IV.18 Tampilan Awal <i>Software Blender</i>	63
Gambar IV.19 Proyeksi Terhadap Gambar Rencan Umum.....	64
Gambar IV.20 Proses Pemodelan Lambung Kapal	64
Gambar IV.21 Pemodelan <i>Outfitting</i> kapal	65
Gambar IV.22 Gambar Hasil <i>Render</i>	65

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Wilayah DPP, KSPP dan KPPP.....	6
Tabel II.2 Koefisien Bentuk <i>Stern</i>	26
Tabel IV.1 Rute Perjalanan Wisata Mandeh	43
Tabel IV.2 Data <i>input</i> Perhitungan Power	49
Tabel IV.3 Spesifikasi Motor Torqeedo <i>Cruise</i> 10.0 R.....	50
Tabel IV.4 Spesifikasi Motor EZ Outboard	50
Tabel IV.5 Spesifikasi Baterai Torqeedo Power 48-5000.....	51
Tabel IV.6 Spesifikasi Baterai Trojan T-1275	51
Tabel IV.7 Spesifikasi Panel Surya Q.Peak Duo-G5	52
Tabel IV.8 Perhitungan <i>losses</i> pada PV	53
Tabel IV.9 Ukuran Gading Kapal	55
Tabel IV.10 Berat <i>Outfitting</i>	57
Tabel IV.11 Berat Muatan	58
Tabel IV.12 Pemeriksaan Stabilitas.....	62
Tabel V.1 Biaya Estimasi Pembelian untuk Konversi	67
Tabel V.2 Biaya Konversi	68
Tabel V.3 Nilia NPV Positif Pada Berbagai Harga Sewa	70
Tabel V.4 Perbandingan Harga Sewa.....	71

DAFTAR SIMBOL

A_T	=	<i>Immersed area of the transom at zero speed 0</i> (m^2)
B	=	<i>Moulded breadth</i> (m)
C_A	=	<i>Correlation allowance</i>
C_B	=	Koefisien blok
C_{FO}	=	Hambatan gesek berdasarkan ITTC-1957
CF_t	=	Kas masuk dalam periode t
C_M	=	Koefisien <i>Midship</i>
C_P	=	Koefisien Prismatic
C_V	=	<i>viscous resistance Coefficient</i>
C_{WP}	=	Koefisien luas garis air
E_{req}	=	Energi yang dibutuhkan (Watt.hour)
I	=	Nilai investasi awal
i	=	Tingkat pengembalian yang dibutuhkan (%)
KG	=	<i>Heigh of centre of gravity above baseline</i> (m)
LCB	=	<i>Longitudinal center of buoyancy as percentage of L</i> (m / %)
LCG	=	<i>Longitudinal center of gravity as percentage of L</i> (m / %)
L_{WL}	=	<i>Length of waterline</i> (m)
L_R	=	<i>Length of run</i> (m)
n	=	Jumlah kebutuhan baterai
NPV	=	<i>Net present value</i>
n_{PV}	=	Jumlah panel surya yang dibutuhkan
P_E	=	<i>Effective Power</i> (kW)
P_{PV}	=	Daya yang dihasilkan panel surya (Watt)
R_n	=	<i>Reynold number</i>
R_T	=	<i>Total Resistance</i> (kN)
R_v	=	<i>Viscous Resistance</i> (kN)
T	=	Sarat air (m)
t	=	Lama penyinaran (hour), <i>trust deduction factor</i>
V	=	kecepatan (knot/ $m.s^{-2}$)
W	=	<i>wake fraction</i>
Δ	=	<i>Displacement</i> (ton)
η_H	=	<i>Hull efficiency</i>
ρ	=	Massa jenis air laut ($1025 kg.m^{-3}$)
ν	=	<i>Kinematic viscosity</i>

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang Masalah

Penggunaan bahan bakar fosil masih menjadi sumber energi yang dominan di seluruh dunia. Termasuk di Indonesia, dengan penduduk Indonesia yang besar menjadikan penggunaan bahan bakar fosil lebih besar lagi. Hal ini dapat terlihat dalam aktivitas keseharian masyarakat Indonesia yang tidak terlepas dari penggunaan bahan bakar baik untuk transportasi, industri maupun kebutuhan di rumah. Penggunaan bahan bakar fosil tidak terlepas dari emisi yang dihasilkannya yaitu gas karbon dioksida (CO₂). Gas karbon dioksida (CO₂) merupakan salah satu gas yang menjadi penyebab terjadinya pemanasan global. Efek rumah kaca akibat konsentrasi gas karbon dioksida (CO₂) yang berada di lapisan atmosfer menyebabkan radiasi yang dipantulkan bumi diserap dan dipantulkan kembali ke permukaan bumi dan terperangkap di sana.

Selain dampak pemanasan global yang dihasilkan oleh penggunaan bahan bakar fosil, persediaan bahan bakar fosil yang terbatas semakin lama akan semakin habis. Ditambah dengan permintaan penggunaan bahan bakar fosil yang tinggi perlu dirasa memanfaatkan energi terbarukan untuk mencukupi permintaan energi oleh masyarakat. Potensi energi terbarukan di Indonesia seperti biomassa, panas bumi, energi surya, energi air, dan energi angin cukup besar. Namun penggunaan energi terbarukan di Indonesia masih sekitar 6,8% (Investor Daily, 2016).

Di sisi lain, sektor pariwisata berpeluang menjadi andalan Indonesia untuk mendapatkan devisa negara. Untuk itu, langkah pemerintah untuk mendorong sektor wisata di Indonesia dinilai sebagai langkah yang tepat. Pada tahun 2015 industri pariwisata Indonesia memiliki pertumbuhan 7,2% per tahun. Angka ini bahkan lebih tinggi dari rata-rata pertumbuhan pariwisata dunia yang hanya mencatat angka 4,7% (Kementerian Pariwisata RI, 2015). Sektor pariwisata Indonesia juga menyumbang kira-kira 4% dari total perekonomian ("Industri Pariwisata Indonesia," 2016). Salah satu daerah pariwisata yang sedang berkembang adalah daerah pesisir selatan, Sumatera Barat. Kawasan wisata Mandeh adalah kawasan wisata kepulauan yang menawarkan berbagai rekreasi pada pulau-pulau yang berada dalam kawasan tersebut. Untuk mengunjungi masing-masing pulau digunakan kapal penyebrangan yang masih menggunakan sumber energi fosil sebagai bahan bakarnya.

Dari hal ini, Pengembangan pariwisata bahari di kawasan wisata Mandeh dengan memanfaatkan teknologi energi terbarukan akan memberikan efek pada penyerapan tenaga kerja, peningkatan pendapatan masyarakat, memberikan devisa bagi Negara, juga ikut serta dalam konservasi lingkungan. Yaitu dengan mengganti sumber energi pada kapal penyebrangan dari bahan bakar fosil menjadi energi matahari dirasa perlu dilaksanakan. Seperti yang telah dilakukan pada kapal nelayan Surya Namaskar yang beroperasi di sekitar Bali yang sudah menggunakan tenaga surya sebagai sumber energi utamanya.

I.2. Perumusan Masalah

Sehubung dengan latar belakang di atas, permasalahan yang akan diangkat dalam tugas akhir ini adalah :

1. Bagaimana gambar rencana garis dan rencana umum kapal eksis?
2. Berapakah besarnya hambatan dan kebutuhan daya motor listrik?
3. Berapakah jumlah baterai yang dibutuhkan?
4. Berapakah daya panel surya yang dibutuhkan?
5. Bagaimana desain rencana umum kapal setelah konversi?
6. Bagaimana stabilitas kapal setelah konversi?
7. Bagaimana analisis ekonomi setelah konversi?
8. Bagaimana mendesain gambar 3D?

I.3. Tujuan

Tujuan dari pengerjaan tugas akhir ini adalah :

1. Membuat gambar rencana garis dan rencana umum kapal eksis.
2. Mendapatkan besarnya hambatan dan kebutuhan daya motor listrik.
3. Mendapatkan jumlah baterai yang dibutuhkan.
4. Mendapatkan daya panel surya yang dibutuhkan.
5. Mendesain gambar rencana umum kapal setelah konversi.
6. Mendapatkan stabilitas kapal setelah dipasang baterai dan panel surya.
7. Menghitung analisis ekonomi setelah konversi.
8. Mendapatkan gambar 3D.

I.4. Batasan Masalah

Batasan-batasan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah:

1. Tidak dilakukan detail perhitungan terhadap konstruksi dan kekuatan kapal.

2. Tidak membahas tentang desain kelistrikan panel surya.
3. Intensitas cahaya matahari cukup untuk pengoperasian panel surya.
4. Kondisi gelombang dan cuaca dianggap tenang.

I.5. Manfaat

Adapun manfaat dari pengerjaan tugas akhir ini adalah:

1. Menjadi referensi dalam mendesain kapal yang hemat energi dan ramah lingkungan yakni dengan penggunaan energi matahari sebagai sumber energinya.
2. Memberi pengetahuan kepada operator tur kapal dan nelayan lokal mengenai energi yang lebih bersih dan ramah lingkungan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

STUDI LITERATUR

II.1. Kawasan Wisata Mandeh

Berdasarkan Peraturan Pemerintah Nomor 50 Tahun 2011 tentang Rencana Induk Pembangunan Kepariwisata Nasional , khusus untuk Wilayah Provinsi Sumatera Barat terdapat sepuluh (10) kawasan pengembangan pariwisata nasional (KPPN) yakni: 1). KPPN Siberut dan sekitarnya, 2). KPPN Sipora dan sekitarnya, 3). KPPN Pagai Utara dan sekitarnya. Ketiganya dikelompokkan ke dalam DPN Mentawai –Siberut dan sekitarnya. 4). KPPN Padang dan Sekitarnya, 5). KPPN Bukittingi dan sekitarnya, 6). KPPN Singkarak dan sekitarnya, 7). KPPN Batusangkar dan sekitarnya, 8). KPPN Maninjau dan Sekitarnya, 9). KPPN Sawahlunto dan Sekitarnya, 10). KPPN Pesisir Selatan dan Sekitarnya. Ketujuhny termasuk kepada DPN Padang-Bukittingi dan sekitarnya. Berdasarkan kepada 10 KPPN dan dua DPN, kemudian ditetapkan pula empat kawasan strategis pariwisata nasional (KSPN), yakni: 1). KSPN Bukittingi dan sekitarnya, 2). KSPN Siberut dan sekitarnya, 3). KSPN Singkarak dan sekitarnya, 4). KSPN Maninjau dan sekitarnya.

Dengan demikian ke depan sepuluh KPPN dengan dua DPN dan empat KSPN yang akan dikembangkan pada aspek daya tarik wisata, infrastruktur, pemberdayaan masyarakat, dan investasi industri pariwisata di Sumatera Barat. Penetapan sepuluh KPPN, dua DPN dan empat KSPN pada pembangunan wilayah pariwisata nasional di Provinsi Sumatera Barat, sejalan dengan RPJMD Provinsi Sumatera Barat tahun 2010-2015 yang menetapkan tujuh wilayah pengembangan pariwisata (WPP) dan telah pula menetapkan terdapat 10 daerah yang menjadi tujuan wisata (*destination*) yang dapat diandalkan dalam peningkatan industri pariwisata.

Pada dokumen rencana induk pembangunan kepariwisataan Provinsi Sumatera Barat Tahun 2014-2025, telah berhasil ditentukan lima destinasi unggulan pariwisata provinsi yang secara bersama-sama akan terintegrasi menjadi satu zona pengembangan kawasan wisata dengan kawasan strategis pariwisata dan kawasan potensial pariwisata yang akan menjadi tulang punggung pariwisata Provinsi Sumatera Barat, sebagaimana dapat dilihat pada tabel berikut ini:

Tabel II.1 Wilayah DPP, KSPP dan KPPP

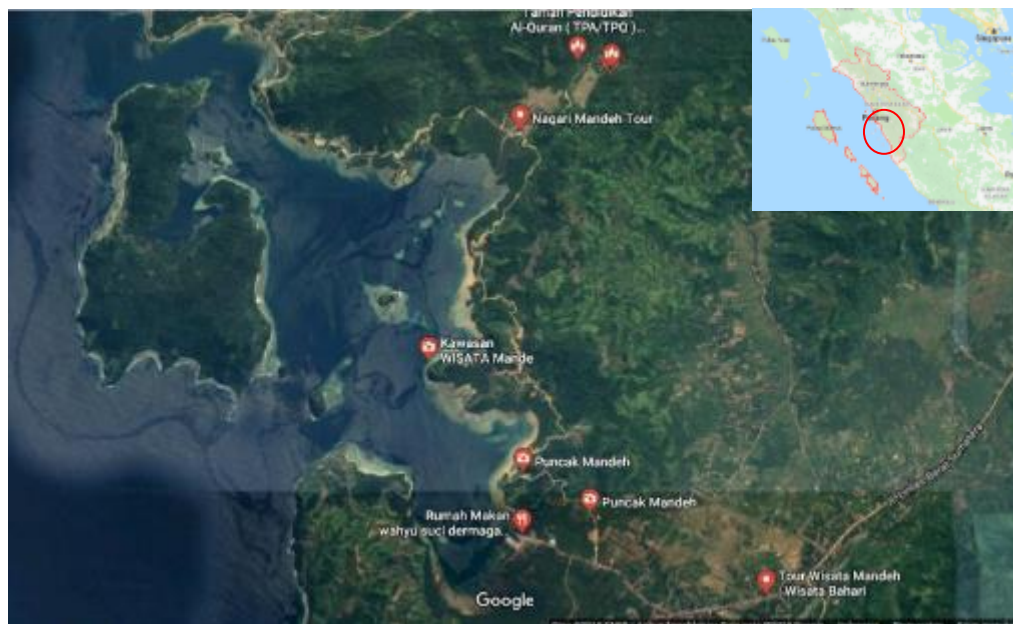
	Wilayah Destinasi Pariwisata Provinsi	Kawasan Strategis Pariwisata Provinsi	Kawasan Potensi Pariwisata Provinsi
Wilayah I	Kota Padang	Kabupaten Pesisir Selatan Kabupaten Padang Pariaman	Kota Pariaman
Wilayah II	Kota Bukittinggi	Kabupaten Agam Kabupaten 50 Kota	Kabupaten Pasaman Kabupaten Pasaman Barat Kota Payakumbuh
Wilayah III	Padang Panjang	Kabupaten Tanah Datar Kabupaten Solok	Kota Solok Kabupaten Solok Selatan
Wilayah IV	Sawahlunto	Kabupaten Sijunjung	Kabupaten Dhamasraya
Wilayah V	Kepulauan Mentawai	Sipora Siberut	Pagai Utara

Sumber :Peraturan Daerah Provinsi Sumatera Barat No 3 Tahun 2014

Terlihat dari tabel tersebut bahwa salah satu kawasan strategis pariwisata Provinsi Sumatera Barat adalah Kabupaten Pesisir Selatan. Pesisir Selatan dengan panjang garis pantai lebih dari 200 km memiliki bentang alam yang beragam yang sangat potensial bagi pengembangan pariwisata. Saat ini telah berkembang berbagai objek wisata dan kawasan wisata di Kabupaten Pesisir Selatan. Salah satu kawasan wisata adalah kawasan wisata Mandeh. Kawasan Wisata mandeh sudah mulai berkembang, sehingga untuk ke depannya memerlukan perencanaan yang tepat agar masyarakat memperoleh manfaat yang besar sesuai dengan tujuan pembangunan.

Kawasan Mandeh telah dimasukkan dalam Rencana Induk Pengembangan Pariwisata Nasional sebagai salah satu kawasan wisata pesisir andalan Indonesia di bagian barat. Kawasan Mandeh Sumatera Barat dengan geografi pantai yang berombak tenang dengan dilingkupi pulau-pulau kecil di depannya serta perbukitan sepanjang pesisir pantai menjadikan kawasan ini memiliki bentang alam unik yang berpotensi besar sebagai kawasan pariwisata (Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Sumatera Barat, 2015).

Kawasan Teluk Mandeh atau Taman Nasional Laut Mandeh terletak di teluk Mandeh kecamatan Koto XI Tarusan Kabupaten Pesisir Selatan Sumatera Barat, berjarak 56 kilometer dari kota Padang, sekitar 70 menit menggunakan transportasi darat . Memiliki luas lebih kurang 18.000 ha, kawasan wisata mandeh melingkupi 7 kampung di 33 nagari. Objek wisata di kawasan Mandeh (Mandeh Resort) sudah dikenal baik tingkat nasional maupun Internasional dengan adanya investasi asing ,Italia, yang mengembangkan *resort* wisata yang dikenal dengan Cubadak Paradiso.



(Sumber: <https://www.google.co.id/maps>)
Gambar II.1 Peta Lokasi Wisata Mandeh

Lokasi ini disebut sebagai Mandeh Resort karena salah satu kampung yang ada di kawasan ini bernama Kampung Mandeh, yang terkenal di bagian tengah Teluk Carocok Tarusan. Di sekitarnya terdapat beberapa pulau kecil di antaranya Pulau Traju, Pulau Setan Besar dan Kecil, Pulau Sironjong Besar dan Kecil, selain tentunya yang menjadikan mandeh lebih terkenal di negara asing yakni Pulau Cubadak. Di sisi utara Kawasan Mandeh terdapat beberapa pulau yang melingkar yaitu : Pulau Bintangor, Pulau Pagang, Pulau Ular, dan Pulau Marak yang berdampingan dengan Pulau Sikuai. Tujuh kampung dari 3 nagari di kawasan ini termasuk ke dalam kawasan pengembangan wisata, yaitu Kampung Mudiak Air, Kampung Simpang Carocok, Kampung Pulau Karam, Kampung Sungai Nyalo, Kampung Sungai Tawar, Kampung Sungai Pinang, dan Kampung Teluk Raya.



Gambar II.2 Aktivitas *Cliff Jumping*

Aktivitas yang bisa dilakukan di kawasan mandeh, mulai dari *snorkeling*, *cliff jumping*, *swimming*, memancing, wisata hutan bakau, aktivitas *watersport* : *scuba diving*, *camping*, *water sky*, *banana boat*, dan kegiatan pariwisata lainnya. Terdapat sekitar 70 Hektare terumbu karang yang masih terawat. Tidak hanya itu, juga terdapat bangkai kapal MV Boelongan, yang tenggelam pada zaman penjajahan dahulu. Keberadaan bangkai kapal Belanda yang tenggelam di kawasan ini menambah nilai tersendiri bagi wilayah ini. Di kawasan Mandeh juga terdapat hutan bakau seluas 389 hektare.



Gambar II.3 Aktivitas *Water Sky*

Selain aktivitas di atas, Pemerintah Provinsi juga mengembangkan Kawasan yang terangkum dalam Perencanaan Objek Wisata Kawasan Mandeh Berbasis masyarakat berupa (Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Sumatera Barat, 2015):

1. Pengembangan wisata perahu keliling Mandeh (*Mandeh Boat Tour*)

2. Pengembangan area titik pandang (*View Point*) Mandeh
3. Pengembangan area wisata Mandeh
4. Pengembangan wisata air kawasan Mandeh
5. Pengembangan *resort* wisata
6. Wisata pedesaan kawasan Mandeh
7. Penghijauan Kawasan Mandeh
8. Konservasi Penyu di Kawasan Mandeh
9. Wisata Minat Khusus di Kawasan Mandeh

II.2. Potensi Energi Matahari di Indonesia

Dalam ilmu fisika, energi adalah kemampuan untuk melakukan kerja. Secara Sederhana, energi adalah hal yang membuat sesuatu yang ada di sekitar terjadi, seperti bergerak dan berubah bentuk. Energi digunakan untuk semua hal yang dilakukan. Energi ada di semua benda : manusia, tanaman, binatang, mesin dan elemen-elemen alam seperti matahari, angin, air dan sebagainya.

Sumber energi utama digolongkan menjadi dua kelompok besar yaitu energi konvensional dan energi terbarukan. Energi konvensional atau energi tak terbarukan adalah energi yang diambil dari sumber yang hanya tersedia dalam jumlah terbatas di bumi dan tidak dapat diregenerasi dalam waktu singkat. Sedangkan energi terbarukan adalah energi yang dihasilkan dari sumber alami seperti matahari, angin, dan air dan dapat dihasilkan lagi dan lagi. Sumber energi terbarukan akan selalu tersedia dan tidak merugikan lingkungan.

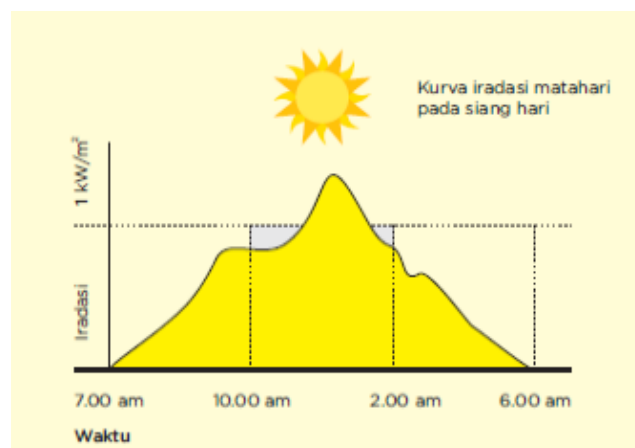
Sumber-sumber energi konvensional tidak ramah lingkungan karena menimbulkan polusi udara, air, dan tanah yang berdampak kepada penurunan tingkat kesehatan dan standar hidup. Sumber-sumber energi konvensional primer diambil dari tanah dalam bentuk cair berupa minyak, gas dan padatan berupa batu bara, uranium dan lainnya.

Energi terbarukan merupakan sumber energi paling bersih yang tersedia di planet ini. Berbagai sumber energi terbarukan ada di Indonesia seperti energi surya, tenaga angin, biomassa, tenaga air, energi panas bumi, energi pasang surut, dan tenaga ombak. Bahkan Indonesia memiliki sumber panas bumi yang melimpah, yakni sekitar 40% dari sumber total dunia.

Matahari, sebagai sumber energi surya, terletak sekitar 149 juta kilometer dari bumi akan tetapi menghasilkan jumlah energi yang luar biasa banyak. Energi yang dipancarkan oleh matahari yang mencapai bumi setiap menit akan cukup memenuhi kebutuhan energi seluruh

manusia di bumi selama satu tahun jika bias ditangkap dengan benar (Vries, Connors, & Jaliwala, 2011).

Indonesia terletak di garis khatulistiwa, sehingga Indonesia mempunyai sumber energi surya yang berlimpah dengan intensitas radiasi matahari rata-rata sekitar 4,8 kWh/m² per hari di seluruh wilayah Indonesia (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2016). Indonesia mempunyai intensitas radiasi yang berpotensi untuk membangkitkan energi listrik, dengan rata-rata daya radiasi matahari di Indonesia sebesar 1000 Watt/m². PLTS (Pembangkit Listrik Tenaga Surya) merupakan teknologi yang ramah lingkungan karena tidak melepaskan polutan seperti halnya pembangkit listrik tenaga fosil. Indonesia memiliki potensi besar dalam mengembangkan energi baru dan terbarukan untuk tenaga surya sebesar 11 Gigawatt. Menurut Direktur Perencanaan dan Pembangunan Infrastruktur EBTKE, Nur Arifin Muhamad Saat ini pemanfaatan energi surya di Indonesia baru mencapai 0,05% dari potensi yang ada. (Kementerian ESDM, 2018)



(Sumber:Vries et al., 2011)

Gambar II.4 Kurva Iradasi Matahari Sepanjang Hari

Setiap hari matahari terbit di timur dan ketika matahari semakin meninggi di langit, maka volume energinya meningkat hingga mencapai puncaknya pada tengah hari. Setelah itu, pada saat matahari bergerak ke arah barat, energi yang tersedia berkurang. Iradiasi harian disebut waktu puncak matahari. Jumlah waktu puncak matahari untuk satu hari adalah jumlah waktu di mana energi pada tingkar 1kW/m² akan memberikan sejumlah yang ekuivalen untuk total energi hari tersebut. Dari gambar II.4 dapat kita lihat waktu puncak matahari terjadi pada selang waktu sekitar pukul 10.00 pagi hingga pukul 14.00 di siang hari (Vries et al., 2011).

Energi surya dikonversi langsung dan bentuk aplikasinya dibagi menjadi dua jenis, yaitu *solar thermal* untuk aplikasi pemanasan dan *solar photovoltaic* untuk pembangkit listrik. Pada *solar thermal*, energi cahaya dari matahari dikonversi menjadi energi panas. Energi panas ini

dimanfaatkan untuk memanaskan udara, air seta medium lainnya. Sedangkan *solar photovoltaic* adalah teknologi berdasarkan semi-konduktor dalam kondisi padat yang mengonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik tanpa bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan.



(Sumber: <https://www.google.co.id/maps>)
Gambar II.5 PLTS Daruba Pulau Morotai

PLTS merupakan salah satu bentuk pemanfaatan dari energi matahari dan merupakan teknologi yang dapat diterapkan di semua wilayah. Instalasi, operasi, dan perawatan PLTS sangat mudah sehingga mudah diadopsi oleh masyarakat. Hambatan utama PLTS adalah biaya investasi per Watt daya terbangkitkan mesin relatif mahal dan beberapa bahan baku komponen PLTS khususnya sel surya masih harus diimpor.

II.3. Kapal Penyebrangan Tradisional

Setiap kapal merupakan bentuk kompromi dari beberapa faktor tertentu baik kapal nelayan kecil atau bahkan kapal pelayaran Samudra yang bernilai miliaran rupiah. Seperti membeli mobil dari berbagai jenisnya, kapal juga tersedia dalam berbagai macam jenis seperti, kapal layer, kapal untuk balap, *cruiser*, kapal nelayan, *jet ski*. Bahkan dari segi bahan pembuatannya juga berbeda-beda seperti dari kayu, *fiberglass*, baja dan lainnya seiring perkembangan teknologi.

Kapal penyebrangan wisata yang digunakan di kawasan mandeh adalah kapal penyebrangan tradisional. Masyarakat sekitar biasa menyebutnya bot tradisional atau kapal Tundo. Kapal penyebrangan tradisional ini dibuat dari bahan kayu dengan Teknik yang masih konvensional memiliki ukuran rata-rata kapalnya adalah panjang antara 8 sampai 11 meter, tinggi 0,6 sampai 1,5 meter, lebar 1,8 sampai 2 meter dan sarat sekitar 0,3 sampai 0,4 meter.



Gambar II.6 Kapal Penyebrangan Tradisional

II.4. Kapal Bertenaga Surya

Hampir semua kendaraan yang mempermudah mobilitas manusia yang didukung oleh bahan bakar fosil. Di bidang lain, produser listrik didominasi oleh bahan bakar fosil Generator, baik minyak atau batu bara. Ironisnya, ilmuwan mengklasifikasikan bahwa bahan bakar fosil adalah sumber daya energi terbarukan. Ini berarti bahwa suatu hari di masa depan, ada lagi minyak atau batu bara di dunia ini dan orang tidak dapat menggunakan kendaraan atau peralatan listrik lagi jika tidak ada pengganti untuk teknologi bahan bakar fosil.

Riset energi terbarukan pada kapal ini sangat penting karena kapal merupakan transportasi yang sangat penting. Tidak hanya penting untuk transportasi manusia, kapal ini juga kendaraan yang sangat efektif untuk pengiriman logistik. Indonesia sebagai negara yang memiliki wilayah perairan yang luas, terdiri dari laut, pantai, sungai dan danau, memerlukan sejumlah besar kapal yang dapat beroperasi secara efisien. Salah satu sumber energi terbarukan yang intensif dikembangkan dalam kapal aplikasi adalah energi surya. Ini adalah kondisi yang sempurna untuk Indonesia karena Indonesia memiliki potensi tinggi energi surya (Kurniawan, 2016).

Kapal bertenaga surya merupakan kapal elektrik dengan mesin yang independen, tenang dan bersih di mana baterai menyuplai energi yang didapat dari matahari. Kapal atau perahu yang pertama kali menggunakan tenaga surya diperkirakan dibangun pada tahun 1975 di Inggris. Pada dasarnya, ada dua jenis kapal bertenaga surya. Yang pertama adalah kombinasi dari tenaga surya dengan generator diesel yang ada sementara yang kedua adalah pemanfaatan tenaga surya saja sebagai pasokan listrik untuk menangani semua beban listrik.

Sistem hibrida PV-diesel adalah kombinasi dari tenaga surya dengan generator diesel yang biasanya digunakan pada kapal besar yang memiliki total beban listrik yang tinggi. Pada jenis kapal ini, mengandalkan PV saja mungkin tidak sanggup untuk memenuhi semua

kebutuhan daya karena keterbatasan ruang. Konsep dasar sistem hibrida PV-diesel adalah mengurangi daya yang dihasilkan oleh generator diesel di kapal konvensional diesel. Keuntungan dari mengurangi daya yang dihasilkan oleh diesel generator adalah penurunan bahan bakar, dan akibatnya, mengurangi biaya operasi dan gas buang(Kurniawan, 2016).

Jenis kedua adalah kapal bertenaga surya dengan PV sebagai pemasok listrik tunggal. Sistem yang hanya menggunakan tenaga surya, biasanya dirancang untuk kapal berukuran kecil, seperti kapal rekreasi dan perahu nelayan yang berukuran kecil. Jenis perahu ini biasanya tidak menggunakan banyak peralatan listrik dan hanya perlu motor listrik dengan daya yang relatif kecil sebagai penggerak utama. Oleh karena itu, PV saja sudah cukup untuk memenuhi beban listrik. Perbedaan antara topologi PV-diesel sistem hibrida dan PV hanya terletak pada sistem di mana pada sistem hibrida perlu menggunakan genset. Peralatan lain yang digunakan persis sama, tapi mungkin dengan skala yang lebih kecil (Kurniawan, 2016).

MS Tûranor PlanetSolar merupakan kapal bertenaga surya terbesar yang pernah dibuat. MS Tûranor PlanetSolar adalah kapal pertama yang menyelesaikan tur dunia yang sepenuhnya didukung oleh energi matahari. Berangkat dari Monaco pada 27 September 2010, kapal itu berlayar di bawah bendera Swiss selama 585 hari tanpa setetes bahan bakar (Bednarova, 2012). Dengan demikian, PlanetSolar telah menunjukkan potensi dan keandalan energi surya. Kapal ini dibuat oleh perusahaan Knierim Yachtbau di Kiel, Jerman. Desainnya dikerjakan oleh LOMOcean Design. Kapal ini memiliki Panjang 31 meter dan berat 95 ton. Biaya pembuatannya mencapai 17,5 juta dolar AS atau senilai 166 miliar rupiah.



(sumber: <http://img.scoop.it/>)

Gambar II.7 MS Tûranor PlanetSolar

II.5. Panel Surya

II.5.1. Umum

Sel Surya atau *Solar Cell* adalah suatu perangkat atau komponen yang dapat mengubah energi cahaya matahari menjadi energi listrik dengan menggunakan prinsip efek *Photovoltaic*. Proses *photovoltaic* ditemukan pada abad 19 dan merujuk kepada pembangkit listrik (volt) dari energi yang ada di matahari (*photon*). Pada tahun 1950-an, modul PV yang pertama telah dikembangkan secara komersial, meskipun industri ini mulai tumbuh pertama sejak tahun tujuh puluhan. Modul PV surya menambah beberapa pemakaian praktis dalam waktu singkat (Vries et al., 2011).

Konversi modul PV surya, seperti yang disebutkan di atas, adalah energi dari cahaya matahari yang diubah menjadi energi listrik. Dengan kata lain, *photovoltaic* (PV) adalah teknologi berdasarkan semi-konduktor dalam kondisi padat yang mengonversi energi cahaya matahari secara langsung menjadi energi listrik, tanpa ada bagian yang berputar, tidak menimbulkan kebisingan, dan tanpa mengeluarkan gas buangan. Modul ini tersedia dalam berbagai kapasitas, mulai dari 1 watt hingga 300 watt.

Pada umumnya modul PV terdiri dari beberapa lapisan yaitu pelindung kaca, *transparent adhesive*, *antireflection coating*, kontak depan, semikonduktor tipe-n, semikonduktor tipe-p, kontak belakang dan *substrate*.



(Sumber: <http://m.indonesian.temperedsolarglass.com/photo/>)

Gambar II.8 Panel Surya

Susunan PV adalah unit pembangkit daya yang lengkap dan biasanya terdiri dari beberapa modul dan panel PV. Arus yang dihasilkan oleh panel PV tergantung intensitas cahaya yang diterimanya. Saat intensitas cahaya berkurang (berawan, hujan, mendung) arus listrik yang dihasilkan juga akan berkurang. Dengan menambah panel PV (memperluas) berarti menambah konversi tenaga surya.

Jenis-jenis panel surya berdasarkan material sel surya penyusunnya dapat dibagi menjadi (Janaloka, 2017a)

a. *Crystalline Silicon*

Memfaatkan silikon sebagai bahan utama penyusun sel surya. Tipe *crystalline* merupakan generasi pertama dari sel surya dan memiliki tiga jenis panel utama. Tipe panel ini banyak digunakan untuk pembangkit listrik surya di dunia saat ini. Keunggulan teknologi *crystalline* terletak pada efisiensi konversi yang relatif tinggi serta basis instalasi besar dan peralatan produksi. Namun, teknologi ini juga memiliki kekurangan karena memerlukan tenaga kerja yang sangat banyak, bahan yang banyak dan keterbatasan bentuk fisiknya (terbuat dari sel yang getas dan kaku dipotong dari potongan yang lebih besar). Tipe panel ini yaitu

- *Monocrystalline silicon (mono-Si)*

Panel surya jenis ini menggunakan sel surya jenis *crystalline* tunggal dan memiliki efisiensi paling tinggi di kelasnya. Kelemahan dari panel surya jenis ini adalah tidak dapat berfungsi baik di tempat yang cahaya matahari kurang (teduh) dan efisiensinya akan turun drastis dalam cuaca yang berawan. Secara fisik, panel surya *monocrystalline* dapat diketahui dari warna sel hitam dengan model terpotong pada tiap sudutnya.

- *Multicrystalline silicon (multi-Si)*

Panel surya *multicrystalline* atau dikenal dengan *polycrystalline (p-Si)* memiliki susunan kristal secara acak. Untuk menghasilkan daya listrik yang sama, tipe jenis ini memerlukan luas permukaan yang lebih besar dari jenis mono kristal. Namun panel surya ini memiliki kelebihan dapat menghasilkan listrik pada saat mendung. Panel surya jenis ini dapat diketahui dari warna sel yang cenderung biru dengan bentuk persegi.

- *Ribbon silicon (ribbon-Si)*

Merupakan jenis panel surya yang menggunakan sel surya *polycrystalline*, namun menggunakan proses yang berbeda.

b. *Thin-film solar cell*

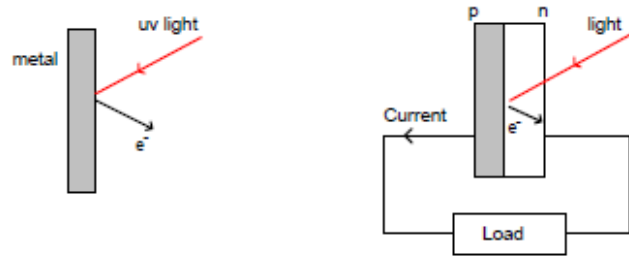
Panel surya ini merupakan panel surya generasi kedua. Menggunakan banyak lapisan material sebagai bahan material penyusunnya. Sel surya jenis ini menggunakan lapisan material semikonduktor yang tebalnya sangat tipis. Ketebalan materialnya mulai dari nanometer hingga mikrometer. Bahan-bahan ini memiliki keunggulan, yakni ideal untuk produksi secara otomatis, menggunakan sedikit bahan, dan bias juga disimpan pada berbagai bahan dan memiliki bentuk yang unik dan tidak biasa. Kekurangan dari teknologi ini mencakup kurangnya pengalaman

memproduksi jenis ini serta efisiensi konversi yang rendah. Beberapa tipe panel surya *thin-film* berdasarkan material penyusunnya yaitu:

- *Cadmium telluride* (CdTe)
Panel surya CdTe merupakan jenis panel surya yang memiliki tingkat efisiensi pali baik di kelasnya, yaitu 9-11 %.
- *Copper indium gallium diselenide* (CIGS)
Panel surya dari bahan material CIGS ini memiliki efisiensi 10-12%, dengan efisiensi tertinggi yang pernah diproduksi dalam skala lab adalah 21,7%
- *Amorphous thin-film silicon* (a-Si, TF-Si)
Amorf silikon pada panel surya jenis ini tidak memiliki struktur kristal. Amorf silikon hanya sebagai kaca atau obsidian. Amorf silikon beku tersusun secara acak. Panel surya ini lebih murah dalam proses produksinya namun kurang efisien dalam menghasilkan energi listrik dari matahari. Panel surya ini memiliki efisiensi terendah 6-8% dan mengandung bahan tidak aman dalam materialnya.. keuntungan pada panel surya ini berada pada skala produksinya.
- *Gallium arsenide* (GaAs)
Tipe panel dengan sel GaAs memiliki harga yang cukup mahal, dan hanya digunakan untuk industri tertentu. Efisiensinya mencapai 28,8%.

II.5.2. Prinsip Kerja Panel Surya

Yang dimaksud dengan Efek *Photovoltaic* adalah suatu fenomena di mana munculnya tegangan listrik karena adanya hubungan atau kontak dua elektroda yang dihubungkan dengan sistem padatan atau cairan saat mendapatkan energi cahaya. Konversi energi pada sel *Photovoltaic* ini adalah konversi satu langkah di mana menghasilkan energi listrik dari cahaya matahari Penjelasan bergantung pada ide-ide dari teori kuantum. Cahaya terdiri dari paket-paket energi yang disebut foton, energi yang tergantung hanya pada frekuensi, atau warna, cahaya. Energi foton yang terlihat cukup untuk membangkitkan elektron, terikat ke padatan, hingga tingkat energi yang lebih tinggi di mana elektron tersebut bergerak dengan bebas (Nelson, 2003).



(Sumber: Nelson, 2003)

Gambar II.9 Perbandingan Foto Listrik dan dan Fotovoltaik

Biasanya, ketika cahaya diserap oleh benda, foton memberikan energi pada elektron untuk berpindah ke tingkat energi yang lebih tinggi dalam materi, tetapi elektron cepat kembali ke keadaan semula. Pada gambar II.9 terlihat perbandingan efek foto listrik (kiri), di mana cahaya melepaskan elektron dari permukaan logam, dengan efek *photovoltaic* dalam sel surya (kanan). Sel *photovoltaic* perlu memiliki beberapa spasial asimetris, seperti kontak dengan sifat elektronik yang berbeda, untuk menggerakkan elektron ter eksitasi melalui sirkuit eksternal (Nelson, 2003).

Foton dari sinar matahari menerpa elektron di dalam sel PV sehingga memberikan energi yang cukup bagi sebagian elektron untuk berpindah dari *junction* semi-konduktor dan menimbulkan tegangan listrik. Tegangan terjadi karena ada ketidakseimbangan listrik, terlalu banyak elektron pada satu sisi *junction*, dan terdapat terlalu banyak muatan positif di sisi lainnya. Pada saat elektron mengalir dari tempat yang memiliki banyak elektron menuju tempat yang memiliki sedikit elektron, maka tegangan akan berkurang. Hal ini terjadi ketika ada interkoneksi di antara sel. Pada saat sel saling dihubungkan, maka terciptalah modul (Vries et al., 2011).



(Sumber: Vries et al., 2011)

Gambar II.10 Penyerapan Cahaya Matahari

Dari gambar II.10 di atas terlihat bagaimana proses terjadinya tegangan listrik di mana cahaya matahari menerpa sel surya pada *junction* semikonduktor tipe- n dan menyebabkan

elektron terlempar. Kondisi ini menyebabkan *junction* semikonduktor tipe-n memiliki lebih banyak elektron dan *junction* semikonduktor tipe-p memiliki lebih banyak muatan positif sebagai mana telah dijelaskan sebelumnya. Sehingga elektron mengalir dari semikonduktor tipe-n menuju semikonduktor tipe-p dan arus listrik mengalir dari arah sebaliknya. arus listrik tersebut dapat menyalakan peralatan listrik yang dibebankan padanya sesuai dengan kapasitas dari panel surya tersebut.

Daya dari panel surya biasanya dinyatakan dalam WP (*Watt Peak*) dan tersedia dalam berbagai kapasitas. Energi yang akan disuplai oleh panel surya menentukan jumlah panel surya yang akan disediakan. Selain itu lamanya penyinaran oleh matahari juga menentukan jumlah panel surya. Sehingga untuk menghitung jumlah sel surya sesuai kapasitas (WP) yang kita butuhkan:

$$n_{PV} = \frac{E_{Req} \text{ (Watt.jam)}}{P_{PV} \text{ (Watt)} \times t \text{ (jam)}} \quad (\text{II.1})$$

Di mana

n_{PV} = Jumlah Panel surya yang dibutuhkan

E_{req} = Energi yang dibutuhkan

P_{PV} = Daya panel surya

t = lama penyinaran

II.6. Baterai

Energi listrik memainkan peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Ini dapat diterapkan secara universal dan mudah diubah menjadi cahaya, panas atau energi mekanik. Masalah umum adalah bahwa energi listrik hampir tidak dapat disimpan. Kapasitor memungkinkan penyimpanan langsung, tetapi jumlahnya kecil, dibandingkan dengan permintaan sebagian besar aplikasi. Secara umum, penyimpanan energi listrik memerlukan konversi menjadi bentuk energi lain. Baterai adalah alat yang terdiri dari dua atau lebih sel elektrokimia dan senyawa kimia yang bertindak sebagai media penyimpanan, dan selama proses pelepasan, terjadi proses kimia yang menghasilkan energi yang dapat diambil dari baterai dalam bentuk arus listrik pada tegangan tertentu.

Untuk beberapa sistem baterai, proses ini dapat dibalikkan dan baterai diisi ulang, yaitu energi listrik dapat mengembalikan komposisi kimia yang mengandung energi lebih tinggi dan

dapat membangun kembali struktur asli di dalam baterai. Dua sistem baterai yang berbeda yaitu (Krivik & Baca, 2013):

- Baterai primer yang dirancang hanya untuk mengubah energi kimia mereka menjadi energi listrik dalam sekali proses.
- Baterai sekunder yang merupakan pengubah energi reversibel dan dirancang untuk pemakaian dan pengisian berulang.

Reaksi sel adalah reaksi kimia yang menjadi ciri baterai. Ketika baterai habis, senyawa kimia dengan kandungan energi lebih tinggi dikonversi oleh reaksi ini menjadi senyawa dengan kandungan energi lebih rendah. Biasanya energi yang dilepaskan akan diamati sebagai panas. Tetapi dalam baterai, reaksi sel dibagi menjadi dua reaksi elektroda, yang melepaskan elektron dan yang lain menyerap elektron, dan aliran elektron ini membentuk arus yang dapat diambil dari baterai. Dengan demikian pembangkitan atau konsumsi energi yang terhubung dengan reaksi sel secara langsung diubah menjadi arus listrik (Krivik & Baca, 2013).

Baterai berfungsi untuk menyimpan arus listrik yang dihasilkan oleh panel surya sebelum digunakan pada beban. Dari dua tipe baterai di atas, tipe baterai sekunder adalah tipe baterai yang sesuai untuk sistem panel surya. Namun tidak semua tipe baterai sekunder lumrah digunakan pada sistem panel surya. Dua tipe baterai sekunder yang paling umum ditemukan dalam sistem panel PV adalah baterai *lead acid* (AGM) dan *Lithium-ion* (Janaloka, 2017b).

a. Baterai *Lead Acid*

Baterai *lead acid* merupakan baterai yang menggunakan Asam timbal sebagai bahan kimianya. Ada dua tipe dari jenis baterai ini, yaitu *starting battery*, atau dikenal dengan aki otomotif dan *deep cycle battery*, atau dikenal juga dengan aki industri.

- *Starting battery*

Merupakan jenis baterai yang dirancang mampu menghasilkan energi (arus listrik) yang tinggi dalam waktu singkat, sehingga dapat menyalakan mesin kendaraan. Idealnya baterai ini dapat digunakan hingga 10-20% dari kapasitas nominalnya. *Starting battery* tidak cocok digunakan dalam sistem panel surya, walaupun secara aplikasi masih memungkinkan untuk digunakan.

- *Deep cycle battery*

Merupakan jenis aki yang dirancang untuk menghasilkan energi yang stabil dalam waktu yang lama. Aki jenis ini memiliki ketahanan terhadap siklus pengisian (*charge*)-pelepasan (*discharge*) aki yang berulang-ulang dan konstan. Idealnya baterai jenis ini dapat digunakan hingga 80% dari kapasitas nominalnya. Sehingga kapasitas energi yang

dapat digunakan lebih besar. *Deep cycle battery* merupakan salah satu tipe baterai yang sesuai untuk sistem panel surya.

b. Baterai *Lithium-ion*

Merupakan baterai yang menggunakan senyawa litium interkalasi sebagai bahan elektrodanya. Baterai ini memiliki daya tahan yang cukup tinggi, dan tingkat penurunan daya saat tidak digunakan cukup rendah. Sehingga baterai jenis ini dapat bertahan dalam kondisi lingkungan apa pun, dan dapat menyimpan daya lebih lama dan lebih besar. Baterai Li-Ion adalah salah satu tipe baterai yang sesuai untuk sistem panel surya.

Salah satu perbedaan yang jelas antara baterai *lead acid* dengan *lithium-ion* adalah pada batas penggunaan maksimum terhadap total kapasitas baterai atau *Depth of Discharge* (DoD). Untuk baterai *lead acid* batas penggunaannya adalah hingga 50% dari kapasitas total. Sedangkan untuk *lithium-ion* bisa mencapai 80%. Penggunaan baterai tidak melebihi DoD-nya akan membantu dalam merawat baterai.



(Sumber: <https://www.torqeedo.com>)
Gambar II.11 Baterai Torqeedo Power 48-5000

Jumlah baterai yang dibutuhkan tergantung terhadap kebutuhan daya untuk menggerakkan kapal dan lamanya penggunaan. Untuk penggunaan energi baterai juga dipertimbangkan *Depth of Discharge* (DoD) dari baterai yang digunakan.

$$n = \frac{E_{\text{Req}} (\text{Watt.jam})}{E_{\text{btr}} (\text{Volt.Ah}) \times \text{DoD}} \quad (\text{II.2})$$

Di mana:

- n = Jumlah baterai yang dibutuhkan
- E_{req} = Energi yang dibutuhkan
- E_{btr} = Energi pada baterai
- DoD = *Depth of Discharge*

II.7. Motor Listrik

Motor listrik adalah sebuah perangkat elektromagnetik yang berfungsi mengubah energi listrik menjadi energi mekanik. Energi mekanik ini digunakan untuk, misalnya, memutar *impeller* pompa, *fan* atau *blower*, menggerakkan kompresor, dan sebagainya. Kapal listrik memiliki sejarah panjang dan telah ada selama lebih dari 100 tahun. Kapal diesel-listrik pertama adalah sebuah tanker sungai Vandal dikembangkan pada tahun 1903 dan kapal angkatan laut pertama dengan propulsi listrik adalah USS Jupiter dikembangkan pada tahun 1912.

Namun penggerak listrik jarang digunakan sampai pada 1980-an, ketika pengembangan teknologi elektronik daya memungkinkan cara-cara baru dalam kontrol variabel kecepatan yang efisien dari motor listrik. Menggunakan propulsi listrik, transmisi energi dari generator ke sistem propulsi akan dicapai dengan menggunakan sistem elektrik, bukan sistem mekanis. Propulsi dan pendorong keduanya dapat disuplai dan dikendalikan oleh penggerak kecepatan variabel. Penerapan dari penggerak listrik disebabkan terutama oleh peningkatan pada efisiensi, pengurangan konsumsi bahan bakar, dan manfaat lingkungan. Perkembangan terkini dalam sistem listrik, elektronika daya, strategi kontrol, dan mesin-mesin listrik semuanya berkontribusi untuk meningkatkan viabilitas sistem propulsi kapal listrik (Yang, Cox, Degano, Bozhko, & Gerada, 2016).

Sejak 1990-an propulsi listrik telah dikaji kembali dengan meningkatnya minat dan pengembangan di sektor angkatan laut. Hal ini tidak hanya terkait dengan kebutuhan untuk menghilangkan *gearbox*, tetapi juga didorong oleh kebutuhan kapal modern, termasuk:

- Peningkatan jumlah energi listrik yang dibutuhkan untuk memasok muatan di kapal;
- Tingkat kemampuan manuver yang tinggi;
- Perlunya manuver dan inversi dinamis tinggi;
- Peraturan lingkungan yang lebih ketat untuk navigasi di perairan yang dilindungi;
- Pengurangan kebisingan dan getaran karena kondisi operasi

Era modern propulsi elektrik untuk kapal diperkirakan dimulai pada tahun 1988 ketika RMS Queen Elizabeth II menggunakan diesel dan elektrik yang terintegrasi sebagai propulsinya. Namun, alasan utama untuk menggunakan mesin listrik untuk penggerak kapal listrik adalah penghematan bahan bakar dan pengurangan ruang yang berhubungan dengan sistem mekanik konvensional. Hal ini telah semakin banyak digunakan untuk pembangkit listrik serta untuk propulsi listrik, termasuk baling-baling utama dan tambahan.



(a)

(b)

(Sumber: https://en.wikipedia.org/wiki/Queen_Elizabeth_2)

Gambar II.12 RMS Queen Elizabeth II

(a) Tampak bagian haluan dan (b) tampak bagian buritan

Untuk perbandingan keluaran *power* yang sama, pada motor elektrik mempunyai efisiensi yang lebih tinggi daripada motor bakar. Selain itu kebisingan yang ditimbulkan oleh motor elektrik lebih sedikit daripada motor bakar, tidak ada gas buang dan memerlukan lebih sedikit pemeliharaan (*maintenance*). Untuk motor listrik yang umum digunakan pada kapal kecil yaitu seperti ELCO (*Electric Launch Company*), *Fischer Panda*, dan *Torqeedo*. Pemilihan motor listrik bergantung pada daya yang dihasilkan dan kebutuhan energi dari motor listrik tersebut. Daya yang dihasilkan harus bisa menjalankan kapal pada kecepatan yang diinginkan.



(Sumber: <https://www.torqeedo.com>)

Gambar II.13 Motor Listrik Torqeedo

II.8. Hambatan Kapal

Tahanan kapal merupakan ilmu yang mempelajari reaksi fluida akibat gerakan kapal yang melalui fluida tersebut. Dalam istilah *hidrodinamika* kapal, tahanan/*resistance/drag* adalah besarnya gaya fluida yang bekerja pada kapal sedemikian rupa sehingga melawan gerakan kapal tersebut. Tahanan tersebut sama dengan komponen gaya yang bekerja sejajar dengan sumbu gerakan kecepatan kapal.

Sebuah kapal dibedakan dari struktur *engineering* lainnya adalah ia harus bisa bergerak secara efisien melewati air dengan *external aissitance* minimum. Tugas dari *naval architect* adalah untuk memastikan bahwa bentuk kapal dan susunan propulsi harus paling efisien dalam ranah hidrodinamik yang tentunya masih di dalam batas permintaan desain (SNAME, 1988b). Kapal yang dibangun harus bisa berlayar pada kecepatan yang diinginkan dengan minimum *power*, dan yang menjadi permasalahan adalah mendapatkan kombinasi terbaik dari tahanan kecil dan efisiensi propulsi yang tinggi.

Ada beberapa cara dalam memprediksi hambatan kapal (Larsson & Raven, 2010):

a. *Model testing*

Adalah metode memprediksi hambatan kapal dengan melakukan pengujian dengan menarik model kapal dengan skala tertentu pada *towing tank*. Hasil dari pengujian *towing tank* akan diperhitungkan kembali menyesuaikan dengan skala kapal yang sebenarnya.

Permasalahan awal yang ditemukan dalam metode ini adalah dalam melakukan penskalaan model terhadap skala kapal sebenarnya.

b. *Empirical methods*

Memprediksi hambatan kapal dengan *model testing* agak memakan waktu, terutama jika sejumlah besar desain alternatif harus dievaluasi pada tahap desain yang sangat awal. Karena itu diperlukan metode estimasi hambatan yang sangat cepat, walaupun belum tentu akurat.

c. *Computational techniques*

Dalam metode ini dilakukan dengan menggunakan bantuan komputer dalam memprediksi hambatan kapal.

Hambatan kapal pada kecepatan yang diberikan adalah gaya yang dibutuhkan untuk menarik kapal di perairan tenang pada kecepatan tersebut dengan berasumsi dengan tidak adanya gangguan. Jika kapal tersebut tidak memiliki *appendages*, maka ini disebut hambatan

bare-hull. Daya yang dibutuhkan untuk melewati hambatan ini disebut *effective power* yang memiliki persamaan

$$P_E = R_T \times V \quad (\text{II.3})$$

Di mana

P_E = *effective power* (kW)

R_T = *total resistance* (kN)

V = kecepatan (knot)

Total hambatan ini terdiri dari beberapa komponen yang disebabkan oleh beberapa faktor dan yang saling berinteraksi dengan yang lainnya dengan cara yang rumit. Untuk mempermudah, hal ini biasanya dianggap sebagai total hambatan pada air tenang yang terdiri dari empat komponen utama yang berbeda (SNAME, 1988b)

- Hambatan gesek (*frictional resistance*)

Dikarenakan oleh pergerakan lambung kapal melewati fluida *viscous*. Kekasaran pada lambung kapal berpengaruh pada hambatan gesek. Apa pun bentuk dari kekasaran pada permukaan lambung akan meningkatkan hambatan gesek secara signifikan, dan selanjutnya korosi dan *fouling* akan menyebabkan hambatan lebih besar lagi. Hambatan gesek merupakan komponen terbesar dari total hambatan sebuah kapal

- *Wave making resistance*

Wave making resistance pada kapal adalah gaya *fore* dan *aft* pada kapal karena tekanan fluida yang bekerja secara normal pada semua bagian lambung, seperti halnya hambatan gesek adalah akibat dari gaya fluida tangensial.

Karena energi yang harus disediakan secara terus menerus oleh kapal ke sistem gelombang yang dibuat pada permukaan air. Dalam kasus badan kapal yang tenggelam, bergerak secara horizontal dengan kecepatan tetap, di bawah permukaan air tidak ada gelombang yang terbentuk, tetapi tekanan normal akan bervariasi sepanjang badan kapal. Dalam fluida *nonviscous*, gaya *fore* dan *aft* karena variasi ini akan menjadi nol.

- *Eddy resistance*

Gesekan turbulen yang ada di sekitar kapal terdiri dari banyak *eddy*, jadi sebenarnya segala bentuk hambatan gesekan disebabkan oleh *eddy-making*. Namun istilah *eddy resistance* biasanya digunakan untuk menahan disebabkan oleh formasi *eddy* atau aliran

streamline yang dikacaukan yang disebabkan oleh perubahan bentuk, *appendages* atau proyeksi lainnya secara tiba-tiba, dan tidak termasuk gesekan kulit tangensial.

- Hambatan udara (*air resistance*)

Hambatan udara terjadi pada bagian lambung kapal yang berada di atas permukaan air dan *superstructure* karena pergerakan kapal melewati udara.

Hambatan oleh *wave making resistance* dan *Eddy resistance* sering kali diperhitungkan secara bersamaan dan disebut dengan *residuary resistance*. Pentingnya komponen yang berbeda tergantung pada kondisi tertentu dari sebuah desain dan kebanyakan keahlian dari *naval architects* bergantung pada kemampuan mereka untuk memilih bentuk dan proporsi lambung yang akan menghasilkan kombinasi yang mengarah pada total *power* minimum yang sesuai dengan batasan desain lainnya.

Untuk menghitung hambatan kapal, digunakan metode Holtrop. Di dalam metode ini, Holtrop membagi hambatan total menjadi beberapa komponen hambatan. Komponen tersebut yaitu *viscous resistance* (hambatan kekentalan), *appendages resistance* (hambatan karena bentuk kapal), dan *wave making resistance* (hambatan gelombang karena gerak kapal) (Abrar & Mahardika, 2017).

- viscous resistance*

Dalam metode Holtrop *viscous resistance* dihitung dengan menggunakan persamaan

$$R_v = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} (1 + k_1) S \quad (II.4)$$

Di mana

ρ = mass density salt water (1025 kg/m³)

V = service speed [m/s²]

C_{FO} = hambatan gesek berdasarkan ITTC-1957 garis gesekan berdasarkan persamaan

$$C_{FO} = \frac{0,075}{(\log Rn - 2)^2} \quad (II.5)$$

Rn = Reynold Number

$$= \frac{V \cdot Lwl}{\nu}$$

ν = kinematic viscosity

$$= 1,18831 \times 10^6 \text{ m}^2/\text{s}$$

k_1 = form factor of bare hull

$$1+k_1 = 0,93 + 0,487 \cdot c \left(\frac{B}{L}\right)^{1,0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0,4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0,1216} \cdot \left(\frac{L^3}{V}\right) \cdot 0,3649 \cdot (1 - C_p)^{-0,6042}$$

$$c = 1 + 0,011 C_{stern}$$

Tabel II.2 Koefisien Bentuk *Stern*

Choice No.	C _{stern}	Used For
1	-25	Pram with Gondola
2	-10	V – Shaped sections
3	0	Normal section shape
4	10	U – shaped section with Hogner stern

L_R = length of run

$$\frac{L}{L_R} = 1 - C_P + \frac{0,06 C_P \cdot LCB}{(4C_P - 1)} \quad (II.6)$$

LCB = longitudinal center of buoyancy as percentage of L

L = length of water line (Lwl) and all of coefficient base on Lwl [m]

T = average moulded draft [m]

B = moulded breadth [m]

b. Appendages resistance

Hambatan yang disebabkan oleh *appendages* juga dianalisis dan hasilnya ditampilkan dalam bentuk *effective form factor*, termasuk di dalamnya efek dari *appendages*.

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

Di mana

k_2 = effective form factor of appendages

S_{app} = total wetted surface of appendages

S_{tot} = total wetted surface of bare hull and appendages

effective form factor digunakan dalam bersama dengan bentuk persamaan yang dimodifikasi

$$R_V = \frac{1}{2} \rho V^2 C_{FO} S_{tot} (1 + k) \quad (II.7)$$

Nilai efektif dari k_2 ketika ada lebih dari satu *appendage* dihitung dengan menggunakan persamaan

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

Di mana S_i dan $(1+k_2)_i$ adalah *watted area* dan *factor appendage* dari *appendage* ke- i

c. *Wave-making resistance*

Untuk perhitungan *wave-making resistance* digunakan persamaan yang diambil dari Havelock (1913) dan kemudian persamaan tersebut disederhanakan menjadi:

$$\frac{R_W}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 e^{m_1 F_n^d} + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2}) \quad (\text{II.8})$$

Untuk kecepatan pelayaran yang rendah ($F_n \leq 0.4$) koefisien berikut diberikan

$$C_1 = 2223105 C_4^{3,7861} (T/B)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757}$$

keterangan :

$$\begin{aligned} C_4 &= 0,2296 \cdot ((B/Lwl)^{0,3333}) && \text{untuk } (B/Lwl \leq 0,11) \\ C_4 &= B/Lwl && \text{untuk } (0,11 \leq B/Lwl \leq 0,25) \\ C_4 &= 0,5 - 0,0625 \cdot (Lwl/B) && \text{untuk } (B/Lwl > 0,25) \\ d &= -0,9 \end{aligned}$$

i_E = *half angle of entrance at the load waterline*

$$= 125,67 \frac{B}{L} - 162,25 C_p^2 + 234,32 C_p^3 + 0,1551 \left(LCB + \frac{6,8(T_a - T_f)}{T} \right)^3$$

T_a = *moulded draft at AP* [m]

T_f = *moulded draft at FP* [m]

$T_a = T_f = T$

$$m_1 = (0,01404 L/T) - (1,7525 \Delta^{1/3}/L) - (4,7932 B/L) - C_5$$

keterangan :

$$\begin{aligned} C_5 &= 8,0798 \cdot C_p - 13,8673 \cdot C_p^2 - 6,9844 \cdot C_p^3 && [\text{untuk } C_p \leq 0,8] \\ C_5 &= 1,7301 - 0,7067 \cdot C_p && [\text{untuk } C_p \geq 0,8] \end{aligned}$$

$$m_2 = C_6 \times 0,4 e^{-0,034 F_n^{-329}}$$

keterangan :

$$\begin{aligned} C_6 &= -1,69385 && [\text{untuk } L^3 / \nabla \leq 512] \\ C_6 &= -1,69385 + (Lwl / \nabla^{1/3} - 8) / 2,36 && [\text{untuk } 512 \leq Lwl^3 / \nabla \leq 1727] \\ C_6 &= 0 && [\text{untuk } Lwl^3 / \nabla \geq 1727] \end{aligned}$$

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,03 L/B \quad [\text{untuk } L / B \leq 12]$$

$$\lambda = 1,446 C_p - 0,36 \quad [\text{untuk } Lwl / B \geq 12]$$

$$C_2 = e^{-1,89 \frac{A_{BT}\gamma_B}{BT(\gamma_B+i)}}$$

$C_2 = 1$, tidak ada *bulb*

keterangan :

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

$$= 0,56A_{BT}^{0,5}$$

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

$$= T_f - h_B - 0,4464\gamma_B$$

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

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

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

$$C_3 = 1-0,8 A_T/(B.T.C_M)$$

keterangan :

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

d. Model Ship Correlation allowance

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

$$C_A = 0,006(L_{WL}+100)^{-0,16}-0,00205$$

$$C_A = 0,006(L_{WL}+100)^{-0,16}-0,00205+0,003(L_{WL}/7,5)^{0,5} \cdot C_b^{0,4}(0,04-T_f)$$

[untuk $T_f/L_{WL} < 0.04$]

Setelah semua komponen diketahui hambatan total dapat dihitung menggunakan persamaan:

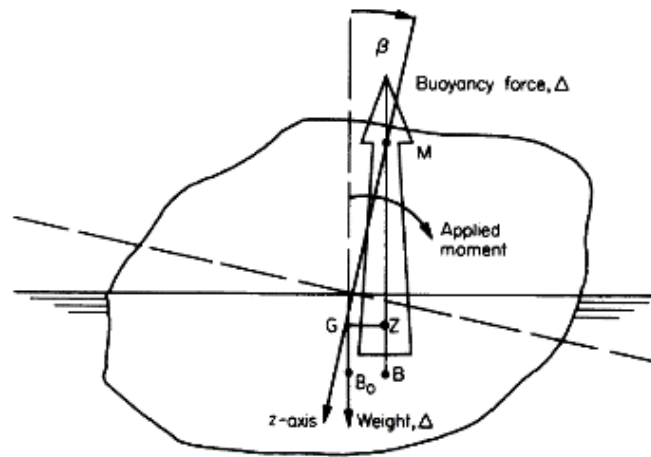
$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{tot} (C_F(1+k) + C_A) + \frac{R_w}{W} W \quad (\text{II.9})$$

II.9. Stabilitas

Tidak hanya harus memberikan daya apung yang memadai untuk memberikan dukungan bagi kapal dan isinya, tetapi kapal juga harus bisa dipastikan agar dapat mengapung dengan benar dan tetap tegak ketika dimuat dengan penumpang dan kargo. Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar.

Dalam keadaan setimbang, pusat daya apung, B_0 , dan pusat gravitasi, G , harus terletak pada garis vertikal yang sama. Jika kapal mengalami gangguan dalam rotasi, dengan putarannya melalui sudut yang kecil β pada perpindahan konstan, pusat daya apung akan bergerak ke posisi

baru, B. Pada gambar II.14, sudut yang diberikan disebabkan oleh momen terhadap G, tetapi dalam kondisi sebenarnya bahwa kondisi *displacement* konstan memerlukan pergerakan dari G secara translasi juga (Rawson & Tupper, 2001).



(Sumber: Rawson & Tupper, 2001)

Gambar II.14 Pergerakan Gaya Apung dan Berat pada Gangguan Rotasi Kecil

Berat dan gaya apung terus bekerja secara vertikal setelah terjadi rotasi tetapi kedua gaya tersebut sekarang dipisahkan sehingga kapal dipengaruhi oleh momen ΔGZ di mana Z adalah basis normal dari G ke garis aksi gaya apung. Seperti yang terlihat pada gambar II.14, momen ini cenderung untuk mengembalikan kapal ke posisi semula. Hal ini disebut momen penegak dan GZ disebut lengan penegak.

Cara lain untuk mendefinisikan garis aksi gaya apung adalah dengan menggunakan titik potongnya, M, terhadap sumbu z atau titik G seperti terlihat pada gambar di atas. Karena sudut β terus berkurang tanpa tahu batasannya titik M menjadi batas posisi yang disebut metasenter.

Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Titik-titik penting dalam stabilitas kapal antara lain

- a. KM (Tinggi Titik Metasentrik di Atas Lunas)

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

- b. KB (Tinggi Titik Apung dari Lunas)

Merupakan letak titik apung dari lunas, namun titik apung dari kapal tidak selalu tetap melainkan berpindah-pindah tergantung dengan kondisi kapal tersebut. Perubahan bisa terjadi karena perbedaan sarat kapal, kondisi kapal trim atau oleng.

c. BM (Jarak Titik Apung ke Metasentrik)

Jika kapal mendapat kemiringan dengan sudut yang kecil maka titik apung kapal pun akan berpindah. Titik apung yang baru ditarik garis lurus tegak lurus dengan permukaan air dan titik apung awal sebelum kapal mendapat kemiringan ditarik garis lurus sejajar *centerline* maka kedua garis ini akan bertemu. Pertemuan dua garis ini merupakan titik metasenter. BM adalah jarak antara titik apung dengan titik metasenter.

d. KG (Tinggi Titik Berat dari Lunas)

Posisi dari titik berat sebuah kapal bias didapat dengan cara menghitung atau ditentukan dengan percobaan. Berat dan titik berat kapal yang belum diluncurkan diperhitungkan dengan estimasi berat, di mana penjumlahan dari berat dan momen dari berbagai item yang membangun kapal.

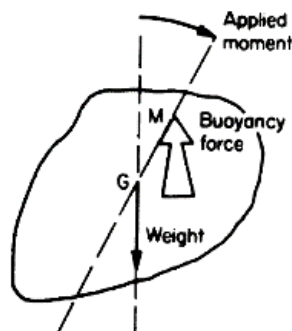
e. GM (Tinggi Metasentrik)

Tinggi metasenter atau *metacentric high* (GM) merupakan jarak antara titik G dengan titik M.

Suatu benda dikatakan dalam keadaan setimbang apabila resultan dari gaya-gaya dan resultan momen gaya yang bekerja pada benda tersebut adalah nol. Pada prinsipnya kesetimbangan ada tiga yaitu (SNAME, 1988a):

a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

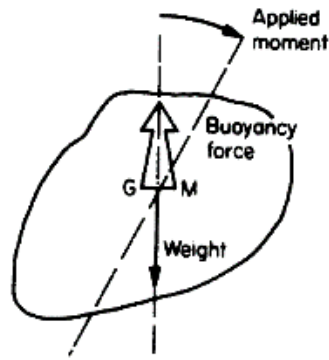
Jika benda apung berada pada kondisi awal yang setimbang diberi gaya luar yang menyebabkan perubahan kemiringan atau oleng. Ketika gaya luar dihilangkan dan benda kembali ke posisi semula maka ini disebut stabilitas positif. Stabilitas positif juga dapat dilihat ketika titik metasentrik M berada dia atas titik G.



(Sumber: Rawson & Tupper, 2001)
Gambar II.15 Kondisi Stabilitas Positif

b. Stabilitas netral (*Neutral Equilibrium*)

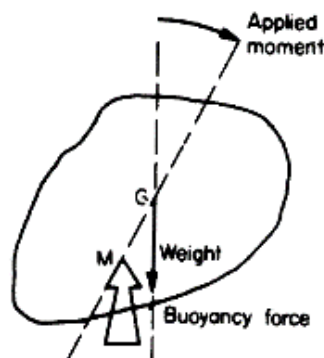
Sama seperti sebelumnya, ketika benda apung mendapat gaya luar sehingga benda apung miring atau oleng, namun setelah gaya luar tersebut dihilangkan benda tersebut sama kondisinya dengan saat diberi gaya. Kondisi ini disebut stabilitas netral. Stabilitas netral di mana titik G benda apung berhimpit dengan titik M sehingga momen penegak kapal sama dengan nol.



(Sumber: Rawson & Tupper, 2001)
Gambar II.16 Kondisi Stabilitas Netral

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Ketika benda apung yang diberi gaya luar terus bergerak ke arah gaya yang diberikan, misal, kapal yang miring atau oleng oleh gaya luar akan terus bergerak miring walaupun gaya luar tersebut telah dihilangkan. Stabilitas negatif juga dapat dilihat ketika titik metasentrik M berada di bawah titik G.



(Sumber: Rawson & Tupper, 2001)
Gambar II.17 Kondisi Stabilitas Negatif

Pengecekan stabilitas kapal untuk mengetahui kondisi stabilitas kapal dalam keadaan baik haruslah memenuhi kriteria yang diatur oleh IMO (*International Maritime Organization*) dalam *intac Stability (IS) code* Reg. III/3.1. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut :

a. $e_{0,30} \geq 0,055 \text{ m.rad}$

Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut $0^\circ - 30^\circ$ tidak boleh kurang dari 0,055 m.rad atau 3,151 m.deg.

b. $e_{0,40} \geq 0,09 \text{ m.rad}$

Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut $0^\circ - 40^\circ$ tidak boleh kurang dari 0,090 m.rad atau 5,157 m.deg.

c. $e_{30,40} \geq 0,03 \text{ m.rad}$

Luas area di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) antara sudut $30^\circ - 40^\circ$ atau antara sudut *downflooding* (θ_f) dan 30° jika nilai GZ maksimum tidak mencapai 40° , tidak boleh kurang dari 0,030 m.rad atau 1,719 m.deg.

d. $h_{30} \geq 0,2 \text{ m}$

Lengan pengembali GZ pada sudut boleh sama dengan atau lebih dari 30° minimal 0,200m.

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

Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng sebaiknya mencapai 30° atau lebih, tetapi tidak kurang dari 25°

f. $GM_0 \geq 0,15 \text{ m}$

Tinggi titik *metacenter* awal (GM_0) tidak boleh kurang dari 0,15m.

g. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi penumpang berkelompok pada satu sisi kapal tidak boleh lebih dari 10° . Berat standar setiap penumpang adalah 75 kg, atau boleh kurang tetapi tidak boleh kurang dari 6 kg.

h. Untuk kapal penumpang, sudut oleng pada perhitungan kondisi kapal berbelok (*turning*) tidak boleh lebih dari 10° . Dihitung dengan persamaan :

$$M_R = 0,196 \frac{V_o \Delta}{L} (KG - d/2) \quad (\text{II.10})$$

Di mana

M_R = *heeling moment in kNm*

V_o = *service speed in m/s*

L = *length of ship in waterline in m*

Δ = *displacement in ton*

d = *mean draught in m*

KG = *heigh of centre of gravity above baseline in m*

Namun karena kapal yang digunakan dalam tugas akhir ini merupakan kapal kecil di bawah 24 meter dengan geladak terbuka dan dibangun dengan cara tradisional sehingga tidak

bisa mengikuti kriteria dari IMO. Untuk itu dicari regulasi yang meliputi untuk kapal kecil dengan geladak terbuka. Digunakan *US Coast Guard Review of Stability for Small Passenger Vessel* dengan ketentuan

1. Modifikasi untuk kriteria cuaca: 46 CFR 170.170
 - a. Sudut T harus lebih kecil dari 14 derajat atau sudut yang diukur hingga seperempat dari *freeboard*. *Freeboard* diukur ke *gunwale*;
 - b. Sesuai dengan 46 CFR 170.173 (d), perhitungan harus menggunakan asumsi bebas dari *trim*. Oleh karena itu, titik *downflooding* untuk segala kondisi pemuatan dapat bergeser secara longitudinal
2. Modifikasi kriteria kemiringan penumpang: 46 CFR 171.050
Sudut T harus lebih kecil dari 14 derajat atau sudut yang diukur hingga setengah dari *freeboard*. *Freeboard* diukur ke *gunwale*.
3. Klarifikasi untuk *drainage* geladak cuaca: 46 CFR 178 subpart D
 - a. Regulasi ini tidak berlaku untuk kapal terbuka, namun sistem untuk pengeringan diperlukan dan untuk kepuasan OCMI
 - b. Geladak harus dikeringkan melalui bilga

II.10. Analisis Ekonomis

Biaya konversi Biaya operasional Analisis kelayakan investasi Secara umum, pengertian dari investasi adalah penanaman aset atau dana yang dilakukan oleh sebuah perusahaan atau perorangan untuk jangka waktu tertentu demi memperoleh imbal balik yang lebih besar di masa depan. Secara umum pengambilan keputusan dalam investasi dibagi dalam dua kategori mayor, yaitu *nondiscounting models* dan *discounting models* (Mowen, Hansen, & Heitger, 2011).

Nondiscounting models ialah model investasi dengan mengabaikan *time value of money*. Model ini juga dibagi dua yaitu *payback period* dan *accounting rate of return*.

a. *Payback Period*

Payback period adalah waktu yang diperlukan bagi perusahaan untuk memulihkan investasi asli. Jika arus kas proyek adalah jumlah yang sama setiap periode, kemudian rumus berikut dapat digunakan untuk menghitung periode pengembalian:

$$\text{Payback period} = \frac{\text{Original Investment}}{\text{Annual Cash Flow}} \quad (\text{II.11})$$

Jika arus kas tidak sama, *payback period* dihitung dengan menambahkan arus kas tahunan sampai saat investasi awal sudah pulih kembali. Jika sebagian kecil dari

setahun yang dibutuhkan, diasumsikan bahwa arus kas terjadi secara merata dalam setiap tahun.

b. *Accounting Rate of Return*

Accounting Rate of Return (ARR) mengukur laba atas proyek dalam hal pendapatan, dibandingkan dengan menggunakan arus kas sebuah proyek. Tingkat pengembalian akuntansi dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{Accounting Rate of Return} = \frac{\text{Average Income}}{\text{Initial Investment}} \quad (\text{II.12})$$

Pendapatan ini tidak setara dengan arus kas karena *accruals* dan *deferrals* yang digunakan dalam perhitungan yang. Pendapatan rata-rata proyek diperoleh dengan menambahkan pendapatan bersih untuk setiap tahun dari proyek dan kemudian membagi total ini dengan jumlah tahun.

Discounting models menggunakan potongan arus kas yang masa depan arus kas yang dinyatakan dalam *present value*. Penggunaan *discounting models* memerlukan pemahaman tentang konsep-konsep *present value*.

a. *Net Present Value* (NPV)

NPV (*Net Present Value*) digunakan dalam menghitung keuntungan dari sebuah investasi. Ketika NPV untuk sebuah proyek dihitung, ini bisa digunakan untuk menentukan apakah investasi diterima atau ditolak. Untuk menggunakan NPV dapat menggunakan persamaan :

$$\text{NPV} = \left[\sum \frac{\text{CF}_t}{(1+i)^t} \right] - I \quad (\text{II.13})$$

Di mana

CF_t = kas masuk dalam periode t, dengan $t=1 \dots n$

I = Nilai investasi awal dari sebuah proyek

i = tingkat pengembalian yang dibutuhkan

t = periode

- Jika NPV lebih besar dari nol maka investasi tersebut menguntungkan dan bisa diterima.
- Jika NPV sama dengan nol, pembuat keputusan akan menentukan diterima atau ditolaknya investasi tersebut.

- Jika NPV kecil dari nol maka investasi tersebut ditolak. Dalam kasus ini pengeluaran lebih kecil dari pada tingkat pengembalian yang diminta.

b. *Internal Rate of Return (IRR)*

IRR (*Internal Rate of Return*) adalah tingkat diskonto (*discount rate*) yang menyamakan *present value* aliran kas masuk dengan *present value* aliran kas keluar. Dengan kata lain IRR membuat NPV sama dengan nol. Sehingga persamaannya:

$$I = \sum \left[\frac{CF_t}{(1+i)^t} \right] \quad (\text{II.14})$$

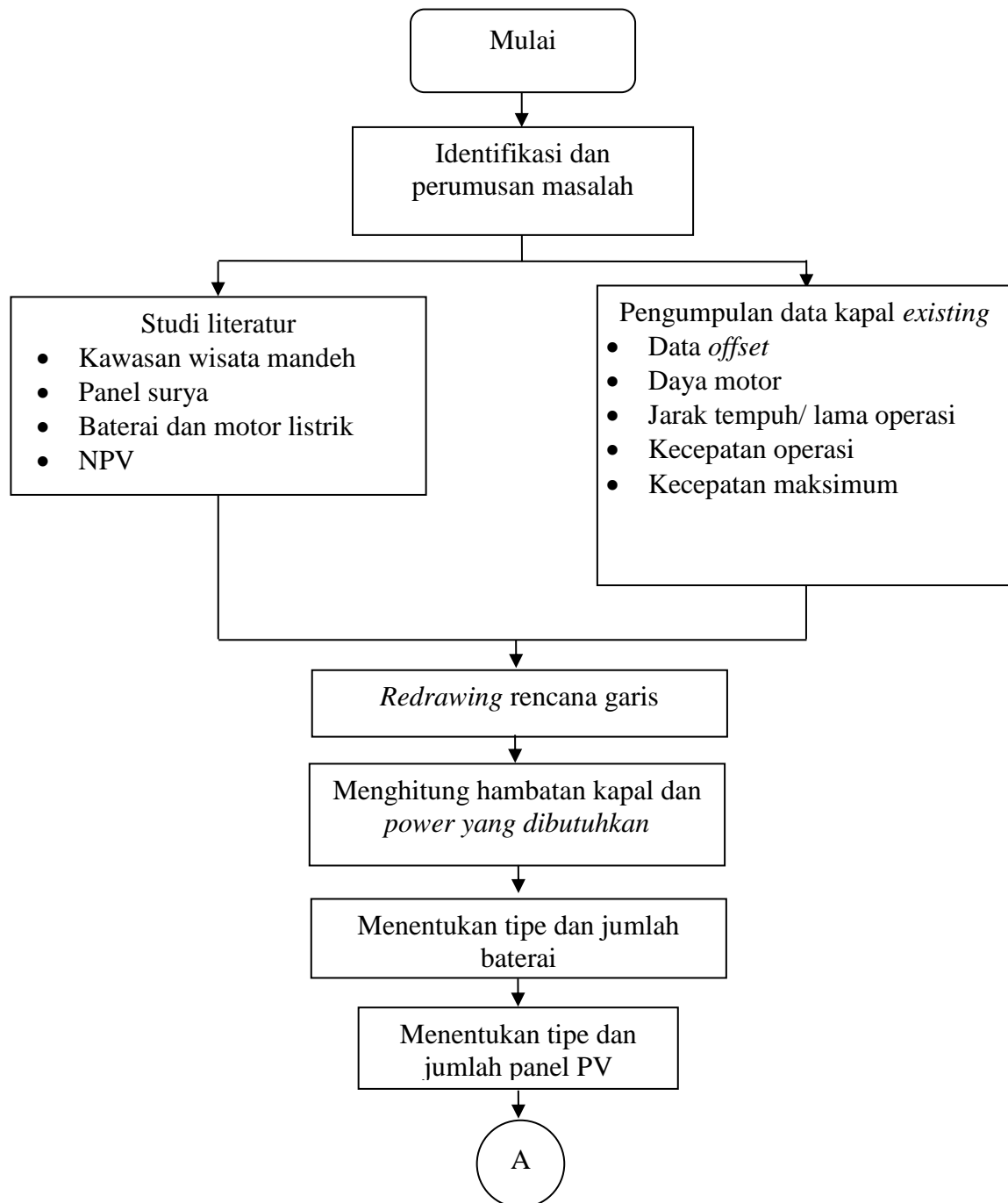
Setelah IRR untuk proyek dihitung, hasilnya dibandingkan dengan tingkat pengembalian yang diminta:

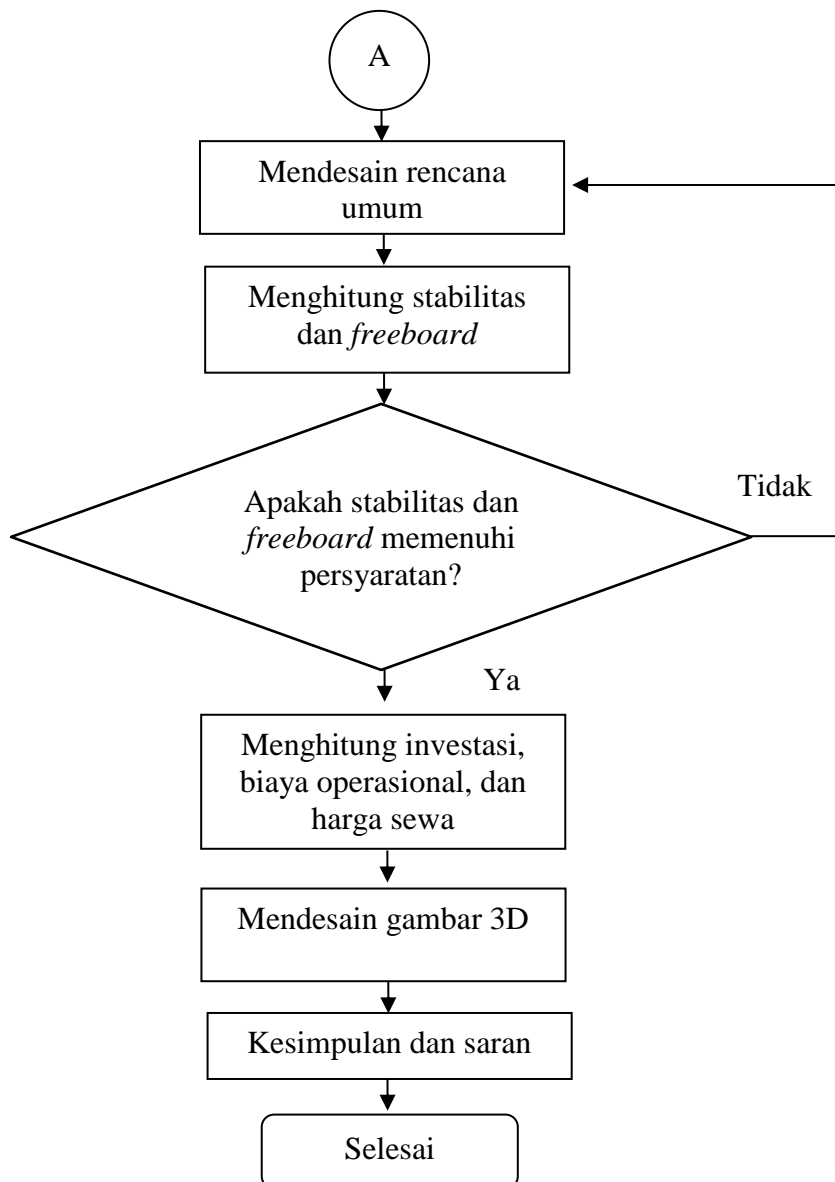
- Jika IRR lebih besar dari tarif yang diminta, proyek dianggap dapat diterima.
- Jika IRR kurang dari tingkat pengembalian yang diminta, proyek ditolak.
- Jika IRR sama dengan tingkat pengembalian yang diminta, maka tidak ada bedanya antara menerima atau menolak proposal investasi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB III METODOLOGI

III.1. Flow chart (Alur) Penelitian





Gambar III.1 Diagram Alir Pengerjaan Tugas Akhir

III.2. Tahap Pengerjaan Tugas Akhir

III.2.1. Studi Literatur

Merupakan tahanan awal dari pengerjaan tugas akhir. Pada tahap ini dilakukan pengumpulan dan pembelajaran teori-teori yang berkaitan atau berhubungan dengan tugas akhir. Materi yang menjadi pokok dalam studi literatur tugas akhir ini adalah sebagai berikut

1. Kapal penyebrangan wisata tradisional
2. Panel surya
3. Baterai dan motor listrik
4. Investasi (NPV)

III.2.2. Pengumpulan Data

Beberapa teknik pengumpulan data yaitu secara langsung dan tidak langsung. Pada tugas akhir kali ini metode pengumpulan data yang digunakan adalah secara langsung dan tidak langsung. Metode pengumpulan data secara langsung dilakukan untuk mendapatkan data berupa:

- Data *offset*
- Daya motor
- Jarak tempuh/ lama operasi
- Kecepatan operasi
- Kecepatan maksimum

Sedangkan untuk metode pengumpulan data tidak langsung digunakan untuk mencari data tentang panel surya, baterai dan hal yang berkaitan lainnya. Metode tidak langsung juga dilakukan dengan cara mengacu pada penelitian yang sudah ada sebelumnya.

III.2.3. Membuat Rencana Garis

Dari data kapal yang telah ada dilakukan *redrawing* rencana garis kapal penyebrangan wisata tradisional. *redrawing* rencana garis dilakukan untuk menentukan bentuk lambung kapal.

III.2.4. Menghitung Hambatan dan Daya Kapal

Setelah mengetahui bentuk lambung kapal dilakukan perhitungan untuk mengetahui hambatan yang dialami oleh kapal. Dari hambatan yang didapat dapat diperoleh daya yang dibutuhkan untuk menjalankan kapal.

III.2.5. Menghitung Jumlah dan Tipe Baterai

Pada tahap ini perhitungan jumlah baterai dilakukan untuk memenuhi kebutuhan daya yang dibutuhkan untuk menjalankan kapal. Baterai yang digunakan adalah baterai yang beredar di pasaran sehingga jumlah baterai disesuaikan dengan energi yang dihasilkan oleh baterai yang ada.

III.2.6. Menghitung Panel Surya yang dibutuhkan

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan terhadap kebutuhan panel surya. Jumlah panel surya menentukan energi yang akan disuplai ke baterai.

III.2.7. Mendesain Rencana Umum

Rencana umum dibuat untuk menggambarkan secara umum bentuk kapal yang didesain. Rencana umum yang dibuat adalah tampak depan, samping, dan atas

III.2.8. Menghitung Investasi, Biaya Operasional dan Harga Tiket

Biaya operasional dihitung untuk mengetahui biaya apa saja yang diperlukan dalam pengoperasian kapal penyebrangan wisata. Biaya operasional juga digunakan untuk menentukan harga tiket yang akan ditawarkan.

III.2.9. Mendesain Gambar 3D

Selain rencana umum pemodelan 3D juga dibuat dengan bantuan *software*.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

IV.1. Survei Lapangan

Kapal penyebrangan pariwisata yang beroperasi di daerah wisata mandeh hingga saat ini merupakan kapal pariwisata tradisional yang dibuat dengan cara tradisional tanpa menggunakan rencana garis atau rencana umum hanya pengetahuan turun temurun. Sehingga perlu dilakukan survei lapangan. Survei dilakukan pada salah satu kapal penyebrangan wisata dan pulau-pulau destinasi wisata.



Gambar IV.1 Kapal Penyebrangan Tradisional

Kapal penyebrangan atau masyarakat sekitar menyebutnya bot tradisional untuk pariwisata dimiliki oleh masyarakat sekitar yang menawarkan jasanya kepada wisatawan untuk berwisata ke pulau-pulau tujuan. Jam operasi kapal tergantung pada wisatawan yang menggunakan jasa. Frekuensi wisatawan yang datang dimulai pada pukul 09.00 hingga 17.00 WIB. Wisatawan harus menyewa kapal untuk menggunakan jasa kapal penyebrangan dengan tarif Rp600.000,- hingga Rp700.000,- tergantung tawar-menawar antara wisatawan dengan pemilik kapal.

Ukuran utama kapal penyebrangan didapatkan dengan wawancara dan melakukan pengukuran secara manual dimulai dari mengukur panjang kapal, lebar kapal, tinggi kapal, sarat kapal dan tempat penumpang. Dengan kapasitas penumpang 12 orang ditambah 2 ABK. Dari pengukuran didapatkan panjang kapal (LOA)11 m, lebar 2 m, tinggi 0,81 m , sarat air 0,35 m.

Dan jenis kayu rata-rata yang digunakan untuk membangun kapal tradisional di sekitar Kawasan mandeh adalah jenis kayu meranti.



Gambar IV.2 Rute Penyebrangan Wisata

Dilakukan pengukuran kecepatan, jarak dan waktu tempuh menggunakan aplikasi Ulysse Speedometer untuk rute perjalanan wisata⁶. Dalam perjalanan wisata di kawasan mandeh, umumnya ada tiga lokasi yang menjadi destinasi, yaitu dimulai keberangkatan dari dermaga carocok ke pulau sutan. Di pulau sutan wisatawan bisa melakukan aktivitas air seperti *banana boat*, *jetsky*, berenang atau sekedar bersantai di pantai. Di sini terdapat musala dan beberapa kios pedagang menjual makanan, pakaian dan aksesoris seperti kacamata dan topi.

Dari pulau sutan, perjalanan dilanjutkan ke pulau sironjong ketek. Di sini wisatawan bisa melakukan *cliffs jumping* di area Bukik tajun. Yaitu melompat dari tebing dengan ketinggian empat dan sepuluh meter. Selain itu, di dekat pulau juga terdapat terumbu karang dan wisatawan bias melakukan aktivitas *snorkeling* dengan peralatan yang sudah disediakan pemilik kapal

Rute selanjutnya yaitu menuju air terjun. Untuk mencapai air terjun terlebih dahulu wisatawan diajak untuk melewati hutan bakau. Di air terjun terdapat *rest area* dan wisatawan bisa membilas badan setelah melakukan aktivitas air pada perjalanan sebelumnya Air terjun merupakan pemberhentian terakhir sebelum kembali ke dermaga. Lalu kembali lagi ke dermaga dengan total waktu perjalanan wisata 3,5 jam.

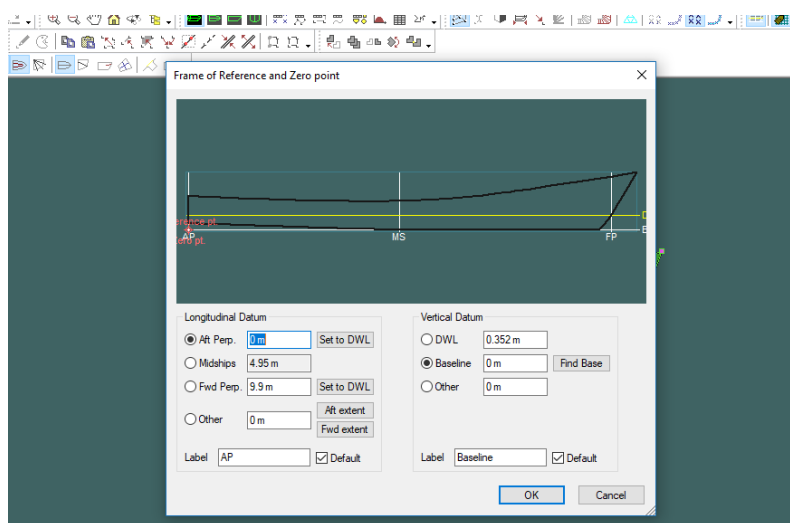
Tabel IV.1 Rute Perjalanan Wisata Mandeh

No	Rute perjalanan	Jam Perjalanan	Jarak (nm)
1	Dermaga-Pulau Sutan	13.28-13.49	3,6
2	Pulau Sutan–Pulau Sironjong Ketek	15.16-15.32	1,2
3	Pulau Sironjong ketek-Air Terjun	15.51-16.14	2,2
4	Air terjun-Dermaga	16.42-16.55	1,3

Dari tabel di atas dapat dilihat untuk waktu kapal beroperasi adalah lebih kurang selama 73 menit dan jarak perjalanan yang ditempuh adalah sejauh 8,3 nm. Kapal penyebrangan yang disurvei menggunakan motor diesel Yamaha 40pk dengan kebutuhan bensin 30 liter. Kapal dalam sehari berlayar membawa wisatawan dalam satu kali perjalanan, dan pemilik kapal berlayar lebih kurang 2 hari dalam seminggu.

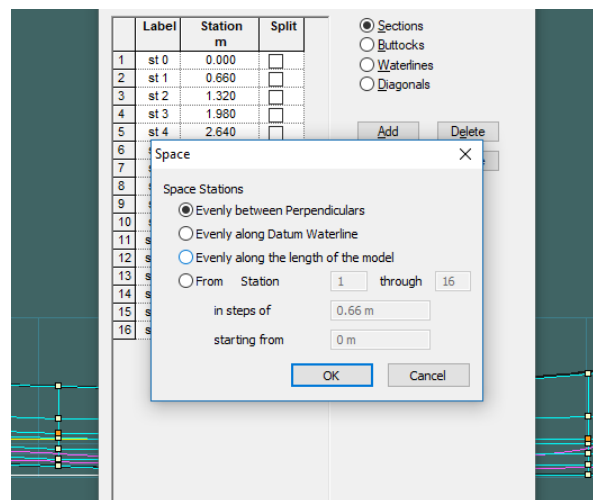
IV.2. Pemodelan

Dari ukuran utama kapal yang telah didapat dilakukan proses pemodelan kapal. Dalam proses pemodelan kapal dibantu dengan menggunakan *software* Maxsurf Modeler. Pembuatan model dimulai dengan berpatokan pada ukuran utama kapal yang telah didapatkan sebelumnya. Kemudian proses selanjutnya menentukan letak *zero point*, jarak antara *ap* dan *fp*, juga tinggi sarat kapal. Proses ini dilakukan dengan membuka kotak dialog *frame of reference* yang ada pada menu *Data*.



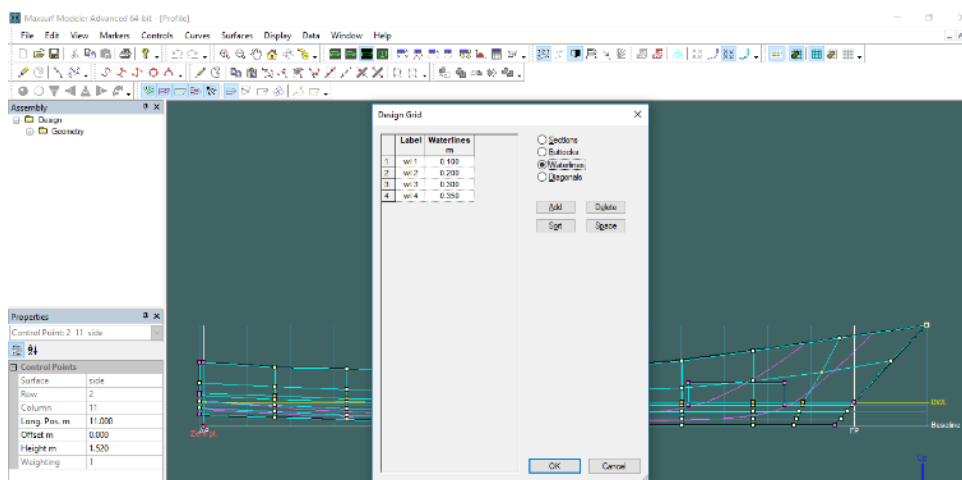
Gambar IV.3 Penentuan *zeropoint* desain

Proses selanjutnya yaitu menentukan *grid spacing* untuk membuat garis-garis *station*, *waterlines* dan *buttock lines*. Proses ini dilakukan dengan cara memilih *design grid* pada menu *data*. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan bentuk *linesplan* dari kapal yang dimodelkan. Setelah kotak dialog *design grid* muncul, klik menu *station* untuk mengatur *station* yang akan diberikan. Klik *add* kemudian tentukan jumlah *station* yang akan diberikan, pada pemodelan kali ini banyak *station* yang akan diberikan berjumlah 15 *station*. Kemudian atur jarak antar *station* dengan mengeklik *space*. Jarak yang diberikan kali ini adalah sama besar antara *perpendicular*.




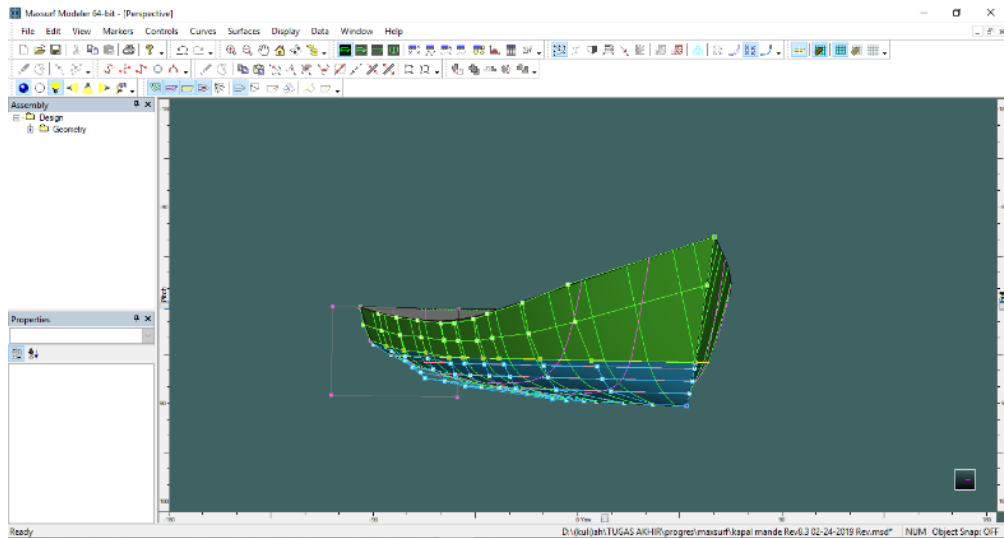
Gambar IV.4 Pemilihan *space* antar *station*

Untuk memberikan *waterlines* dan *buttock lines* dilakukan dengan cara yang sama dengan cara sebelumnya. Untuk jarak antar *waterline* ditentukan sendiri yaitu sebesar 0,1 m jarak masing-masingnya dan diberikan tiga *waterlines*. Dan untuk *buttock line* ada empat pada masing-masing sisinya.



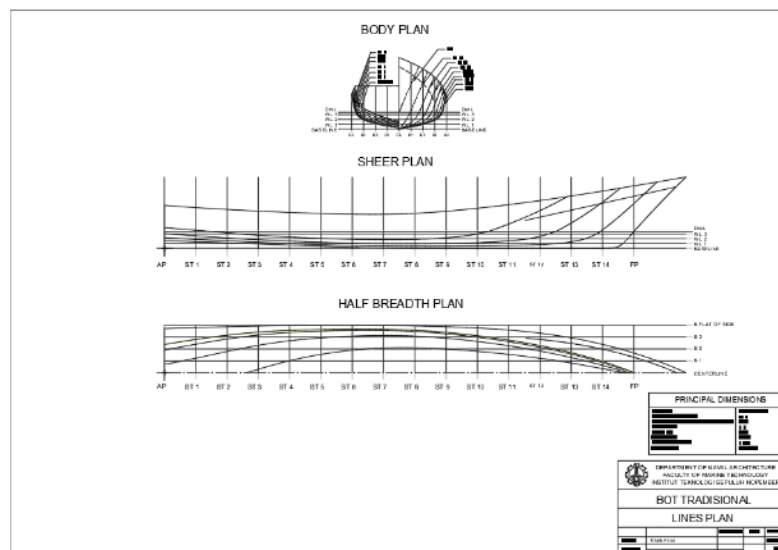
Gambar IV.5 Memberikan *grid spacing* pada desain

Kemudian ditambahkan *control point* pada model kapal dengan mengklik ikon . Penambahan *control point* ini bertujuan agar bentuk model kapal dapat disesuaikan dengan bentuk kapal yang disurvei. Setelah dilakukan penambahan *control point*, *surface* kapal dapat digeser dan bentuknya disesuaikan dengan bentuk kapal yang disurvei. Jumlah *control point* disesuaikan dengan kebutuhan desain.



Gambar IV.6 Desain yang sudah diberi *control point*


Setelah bentuk lambung selesai dan memiliki bentuk menyerupai bentuk kapal sebenarnya, desain di-*export* ke dalam format *dwg* agar bisa diedit dan dibuat gambar rencana garisnya. Desain di-*export* sebanyak tiga tampilan yaitu *body plan*, *sheer plan* dan *half breadth plan*. Gambar rencana garis dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD. Gambar yang telah didapatkan disusun dan dibuat gambar rencana garisnya.

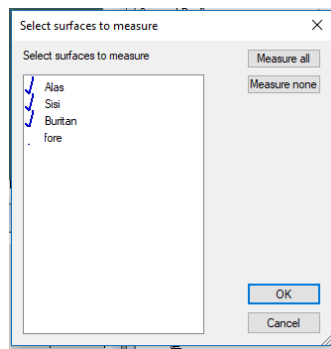


Gambar IV.7 Gambar Rencana Garis Kapal Tradisional


IV.3. Perhitungan Hambatan

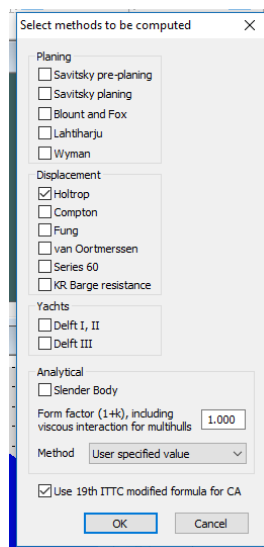
Setelah didapatkan model kapal dilanjutkan dengan mendapatkan hambatan kapal. Hambatan kapal didapat dengan menggunakan perangkat lunak Maxsurf Resistance dan melakukan perhitungan secara manual. Mendapatkan hambatan dengan dua cara dilakukan untuk membandingkan hasil perhitungan dengan hasil dari aplikasi. Untuk memprediksi hambatan kapal dilakukan dengan metode Holtrop pada Maxsurf dan perhitungan manual.

Model yang telah kita buat pada aplikasi Maxsurf Modeler dapat digunakan pada Maxsurf Resistance. Buka fail model yang telah kita buat sebelumnya dengan mengeklik *open design* pada menu *File* atau dapat mengeklik ikon  pada *toolbar*. Kemudian pada jendela *select surface to measure* pilih semua *surface* yang akan kita hitung hambatannya.




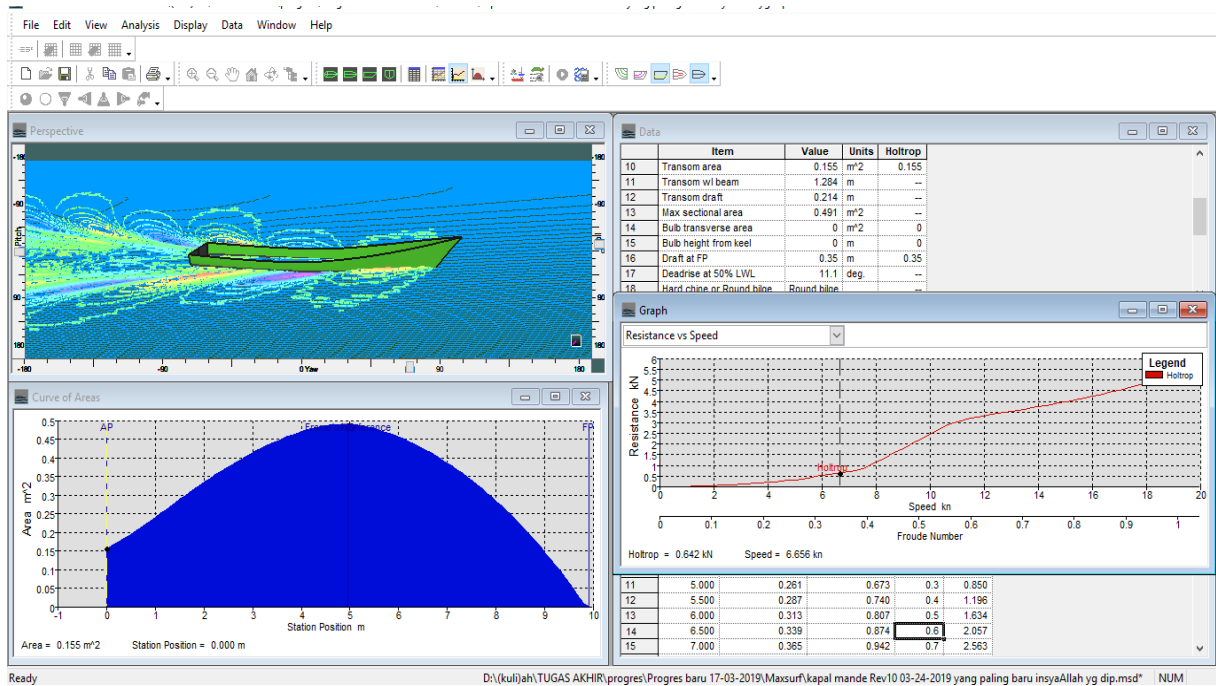
Gambar IV.8 Memilih *Surface* yang Masuk Dalam Perhitungan

Setelah model ditampilkan kemudian pilih metode yang akan digunakan dalam proses perhitungan hambatan kapal pada menu *analysis* lalu pilih *method* atau klik pada ikon . Pilih metode Holtrop pada kotak dialog yang muncul



Gambar IV.9 Memilih Metode Dalam Perhitungan Hambatan Pada Software Maxsurf

Hasil perhitungan hambatan akan ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik. Data rentang kecepatan yang ditampilkan dapat kita tentukan dengan klik ikon  pada *toolbar*. Dari hasil pengambilan data, kapal wisata yang menjadi objek survei memiliki kecepatan rata-rata 12,36 km/jam atau setara dengan 6,67 knot. Dari hasil perhitungan dengan *software* Maxsurf Resistance didapat hambatan sebesar 0,642 kN.



Gambar IV.10 Hambatan dengan Maxsurf Resistance

Selanjutnya dilakukan perhitungan hambatan secara manual dengan metode Holtrop.

Viscous resistance

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

$$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$$

$$v = 3,43 \text{ m/s}^2$$

$$C_{FO} = 0,075 / (\log Rn - 2)^2$$

$$Rn = 36062895,217$$

$$C_{FO} = 0,00243$$

$$(1+k_1) = 1,263$$

$$S = L(2T + B) \cdot C_M^{0.5} \cdot \left(0,4530 + 0,4425C_B - 0,2862C_M - 0,0346\frac{B}{T} + 0,3696C_{WP} \right) + 2,38\frac{ABT}{C_B}$$

$$S = 16,24 \text{ m}^2$$

$$C_A = \text{Correlation Allowance}$$

$$= 0,0008$$

Wave-making resistance

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

$$C_1 = 1,957$$

$$C_2 = 1$$

$$C_3 = 0,832$$

$$m_1 = -2,031$$

$$m_2 = 0,205$$

$$\lambda = 0,82$$

Total Resistance

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{\text{tot}} (C_F(1 + k) + C_A) + \frac{R_W}{W} W$$

$$= 596,894 \text{ N}$$

$$= 0,597 \text{ kN}$$

Dari perhitungan didapatkan perbedaan dengan hambatan dari *software* Maxsurf sebesar 7% lebih kecil, sehingga untuk perhitungan *power* digunakan hambatan dari Maxsurf yaitu sebesar 0,642 kN

IV.4. Perhitungan Power

Untuk perhitungan *power* yang dibutuhkan kapal, perhitungan hanya dilakukan sampai *thrust horse power* (THP). Hal ini karena pada data spesifikasi motor yang digunakan, disajikan data pada propulsi motor. Sehingga tidak perlu dilakukan perhitungan sampai *break horse power*. Data-data yang dibutuhkan untuk menghitung *power* adalah sebagai berikut

Tabel IV.2 Data *input* Perhitungan Power

No	Keterangan		Nilai	Satuan
1	Kecepatan (V)	=	3,43	m/s
2	Hambatan Kapal (RT)	=	0,642	kN
3	Koefisien Blok (Cb)	=	0,472	
4	Koefisien <i>viscous resistance</i> (C _v)	=	0,00382	

- Perhitungan *effective power* (PE)

PE adalah gaya minimum yang dibutuhkan kapal untuk mengatasi hambatan terhadap gerakan pada kecepatan tertentu.

$$PE = RT \times V_S$$

$$PE = 0,642 \times 3,43$$

$$PE = 2,204 \text{ kW}$$

- Perhitungan *Thrust Power* (PT)

$$PT = PE / \eta_H$$

$$\eta_H = \text{Hull efficiency}$$

$$= (1-t)/(1-w)$$

$$t = \text{trust deduction factor}$$

$$= 0,1 \text{ untuk tipe transom } \quad (\text{Principle of Naval architecture Vol 2 page 163})$$

$$w = 0,3 C_B + 10 C_V \cdot C_B - 0,1$$

$$= 0,059$$

$$\eta_H = (1-0,1) / (1-0,059)$$

$$= 0,957$$

$$PT = 2,204 \times 1,045$$

$$= 2,303 \text{ kW}$$

Tfrust power ditambahkan margin sebesar 15% sehingga

$$PT + 15\% = 2,65 \text{ kW}$$

IV.5. Penentuan Motor Listrik

Untuk memilih motor listrik yang akan digunakan kapal, maka dicari spesifikasi motor listrik yang memenuhi kebutuhan perhitungan daya sebesar 2,65 kW. Motor listrik yang dipilih yang memenuhi kebutuhan daya di atas adalah Torqeedo *Cruise 10.0 R* yang memiliki

propulsive power 5,60 kW dan motor listrik EZ Outboard Spotr series. Kedua motor ini nanti akan dibandingkan pada analisis ekonomis. Dengan spesifikasi Motor sebagai berikut:

Tabel IV.3 Spesifikasi Motor Torqeedo Cruise 10.0 R

Kriteria	Nilai	Satuan
<i>Input power</i>	10000	watt
<i>Propulsive power</i>	5600	watt
<i>Comparable petrol outboards (propulsive power)</i>	20	HP
<i>Comparable petrol outboards (thrust)</i>	25	HP
<i>Maximum overall efficiency</i>	56%	
<i>Static thrust in lbs</i>	≤ 405	lbs
<i>Integrated battery</i>	-	
<i>Nominal voltage</i>	48	Volt
<i>Final charging voltage</i>	-	
<i>Total weight</i>	59.8 (S) / 61.3 (L) / 62.5 (XL)	kg
<i>Motor weight without battery in kg</i>	-	
<i>Weight of integrated battery</i>	-	
<i>Shaft length in cm</i>	38.5 (S) / 51.2 (L) / 63.9 (XL)	cm
<i>Standard propeller</i>		
<i>v = speed in km/h at p = power in watts</i>	v22/p10k	
<i>Alternative propeller options</i>	v32/p10k & v15/p10k	
<i>Maximum propeller speed in rpm</i>	1400	rpm
<i>Control</i>	<i>Remote throttle</i>	
<i>Steering</i>	<i>Provision to connect to standard remote steering</i>	
<i>Tilting device</i>	<i>Electrohydraulic tilt device with overload protection.</i>	
<i>Tilt angle</i>	+45°	
<i>Trim device</i>	<i>Manual, 4-step</i>	
<i>Integrated on-board computer</i>	<i>Yes</i>	
<i>Stepless forward/reverse drive</i>	<i>Yes</i>	

(Sumber : Torqeedo, 2019)

Tabel IV.4 Spesifikasi Motor EZ Outboard

Keterangan	Nilai	Satuan
<i>Model</i>	EZ Outboard S10	
<i>Rated Voltage</i>	48	Volt
<i>Input Power</i>	6,5/135	kW/A
<i>Maximum Propeller Speed</i>	2500	Rpm
<i>Static thrust force</i>	172	Lbs
<i>Control</i>	<i>Tiller or Remote</i>	
<i>Tilting</i>	<i>Manual or electric</i>	
<i>Net Weight</i>	35	kg

IV.6. Penentuan Baterai

Untuk menggerakkan motor listrik sumber energi disuplai dari baterai yang menyimpan energi yang dihasilkan oleh panel surya. Penggunaan baterai dilakukan agar ketika cuaca mendung atau berawan energi dapat disuplai dari persediaan baterai. Untuk baterai dipilih dari baterai jenis *lithium* mengikuti rekomendasi dari motor Torqeedo yaitu menggunakan baterai Torqeedo *power 48-5000* dan dibandingkan dengan baterai jenis *lead-acid* menggunakan baterai Trojan T 1275. Spesifikasi dari baterai tersebut adalah sebagai berikut :

Tabel IV.5 Spesifikasi Baterai Torqeedo Power 48-5000

Kriteria	Nilai	Satuan/keterangan
<i>Capacity</i>	5275	Wh
<i>Nominal voltage</i>	44,4	V
<i>Final discharging voltage</i>	36	V
<i>Maximum discharge rate</i>	200	A
<i>Maximum discharge rate at nominal voltage</i>	8.800	W
<i>Weight</i>	36,5	kg
<i>Depth of Discarge</i>	80	%
<i>Dimensions (L x H x B)</i>	506 mm x 386 mm x 224 mm	
<i>Volume</i>	31	l
<i>Battery chemistry</i>	LMO-NMC	

(Sumber : Torqeedo, 2019)

Tabel IV.6 Spesifikasi Baterai Trojan T-1275

Kriteria	Nilai	Satuan/keterangan
<i>Model</i>	Trojan T-1275	
<i>Nominal voltage</i>	48	V
<i>Dimension</i>	329 x 181 x 283	mm
<i>Capacity Amp-hours</i>	150	Ah
<i>Material</i>	<i>Poypropylen</i>	W
<i>Weight</i>	39	kg

Jumlah baterai yang dibutuhkan bergantung kepada kebutuhan energi kapal. Sehingga dilakukan perhitungan untuk mendapatkan jumlah kebutuhan baterai, dengan menganggap lama waktu kapal berlayar menggunakan motor adalah 2 jam, adalah sebagai berikut:

$$n = \frac{E_{Req} (Watt.jam)}{E_{Btr} (Volt.Ah) \times DoD}$$

$$\begin{aligned} E_{req} &= power \times durasi / efisiensi \\ &= 2,65 \times 2 / 56\% \\ &= 9456 \text{ Wh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{DoD} &= 80\% \\ E_{\text{btr}} &= 5275 \text{ Wh} \\ n &= 9456 / (5275 \times 80\%) \\ &= 2,24 \text{ baterai} \end{aligned}$$

Hasil akhir dibulatkan ke atas sehingga didapat jumlah kebutuhan baterai sebanyak tiga buah baterai. Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan pada baterai Trojan T-1275 dan didapatkan kebutuhan baterai sebanyak empat buah baterai.

IV.7. Penentuan Panel Surya

Daya yang dihasilkan oleh panel surya digunakan untuk sumber energi listrik untuk menggerakkan motor. Energi yang dihasilkan tidak langsung digunakan pada motor listrik namun disimpan dahulu di dalam baterai. Panel surya akan beroperasi sepanjang hari selama ada sinar matahari. Dengan Indonesia memiliki besar radiasi penyinaran 4,8 kWh/m² per hari. Untuk penyinaran di Indonesia khususnya di Padang, setelah dirata-ratakan memiliki radiasi penyinaran 4,76 kWh/m² dalam sehari selama setahun (Rumbayan, Abudureyimu, & Nagasaka, 2012).

Panel surya yang akan digunakan adalah panel surya dengan merek QCELL series Q.Peak Duo-G5 305-330 dengan daya 320 watt. Spesifikasi dari panel surya tersebut adalah sebagai berikut:

Tabel IV.7 Spesifikasi Panel Surya Q.Peak Duo-G5

Keterangan		Satuan
Dimensi	1685 x 1000 x 32	Mm
Berat	18,7	Kg
Daya	330	Watt (kondisi tes)
	237,2	Watt (operasi normal)
Arus	7,56	Ampere
Voltase	31,39	V
Kover depan	<i>thermally pre-stressed glass with anti-reflection technology</i>	
Kover belakang	Film komposit	
Bingkai	<i>Black anodized aluminum</i>	
Cell	6 × 20 <i>monocrystalline Q. ANTUM solar half-cells</i>	
Junction box	(70-85 mm × 50-70 mm × 13-21 mm), <i>decentralized, IP67</i>	
Kabel	4 mm ² <i>Solar cable</i> ; (+) ≥ 43,3 in (1100 mm), (-) ≥ 43,3 in (1100 mm)	
connector	<i>Multi-Contact MC4, IP65 dan IP68</i>	
Efficiency	19,9	% (kondisi tes)

Dalam perhitungan, daya panel yang dihasilkan panel surya yang digunakan adalah daya pada kondisi operasi normal. Kemudian dihitung *Losses* yang memengaruhi system berupa *light induced degradation* 1,5%, *soiling* 2% dan *system availability* 3% (Hopper, 2019). Dan *losses* yang terjadi pada modul berupa *thermal losses* 5,7%, *module quality losses* 3%, *module array mismatch* 1%(Ekici & Kopru, 2017).

$$n_{PV} = \frac{E_{Req} \text{ (Watt.jam)}}{P_{PV \text{ (Watt)}} \times t(\text{jam}) - \text{losses}}$$

$$P_{pv} \times t = (237,2 \times 4,76) \\ = 1,1292 \text{ kWh}$$

Tabel IV.8 Perhitungan *losses* pada PV

Losses	Persentase	Daya Setelah Losses (Wh)
Light-Induced Degradation =	1,50%	1112,33
Soiling =	2%	1090,08
Thermal Losses =	5,70%	1027,95
Modul Quality Losses=	3%	997,11
Modul Array Mismatch =	1%	987,14
Cable Losses =	1,70%	970,36
System Availability =	3,00%	941,25

Dari tabel di atas dapat diambil daya yang dihasilkan oleh panel surya adalah sebesar 941,25 Wh. Sehingga kebutuhan panel surya

$$n_{PV} = 9456 / 941,25 \\ = 10,04$$

Kebutuhan panel dibulatkan ke atas sehingga jumlah panel yang dibutuhkan adalah sebanyak 11 panel. Namun karena keterbatasan tempat panel surya yang dipasang hanya sebanyak 9 buah panel, sisa daya untuk kebutuhan kapal didapat dari darat yaitu sebesar

$$\text{Daya dari PV} = 941,25 \times 9 \\ = 8471,23 \text{ Wh}$$

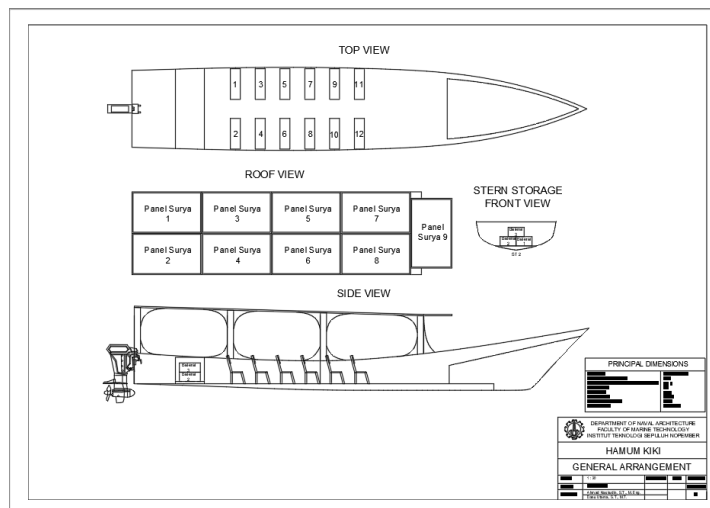
Karena kondisi cuaca tidak selalu cerah, maka daya yang disuplai dari darat diestimasikan sebesar 50% dari kebutuhan daya total, dengan jumlah

$$\text{Daya dari darat} = 9459 \times 50\% \\ = 4729,55 \text{ Wh}$$

IV.8. Menggambar Rencana Umum Kapal

Proses selanjutnya ialah membuat gambar rencana umum kapal setelah dipasang perangkat panel surya. Gambar rencana umum dibuat dengan menggunakan *software* AutoCAD. Gambar rencana garis digunakan sebagai acuan dalam membuat gambar rencana umum. Garis-garis terluar pada bagian tertentu digunakan untuk menentukan *layout* pada gambar rencana umum.

Peletakan bagian-bagian kapal dibuat berdasarkan data yang telah diambil pada saat melakukan survei. Posisi yang perlu diperhatikan adalah dalam penentuan posisi panel surya dan baterai. Panel surya ditempatkan menggantikan posisi atap yang lama sehingga dapat mengurangi beban kapal. Sedangkan untuk posisi baterai akan ditempatkan pada tempat penyimpanan yang berada pada buritan kapal.

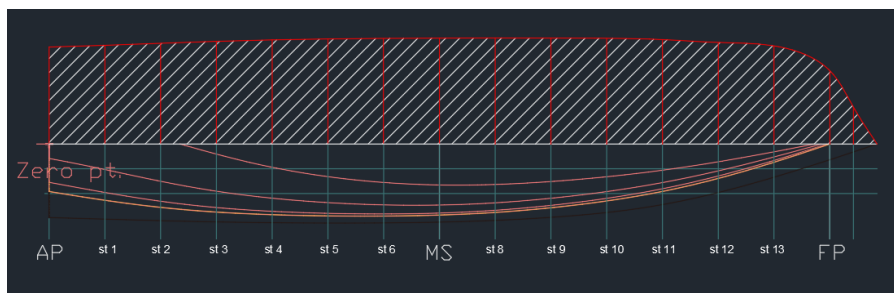


Gambar IV.11 Gambar Rencana Umum

IV.9. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

IV.9.1. Perhitungan Berat Lambung

Berat lambung dihitung dengan menggunakan luasan bukaan kulit kemudian dikali dengan tebal pelat dan massa jenis kayu meranti. Untuk massa jenis kayu meranti adalah sebesar $500-800\text{kg/m}^3$. Pada perhitungan kali ini digunakan massa jenis sebesar 800kg/m^3 . Untuk mendapatkan bukaan kulit kapal dibantu dengan menggunakan *software* AutoCAD 2018. Yang dibutuhkan untuk mendapatkan bukaan kulit ini adalah panjang pada masing-masing *station*. Panjang pada masing-masing *station* dibentangkan menjadi garis lurus dimulai dari *Center Line*. Setelah masing-masing *station* dibentangkan kemudian dihubungkan satu dengan lainnya seperti terlihat pada gambar



Gambar IV.12 Bukaan Kulit

Kemudian dihitung luasan di bawah kurva lalu ditambah luas *transom*. Untuk menghitung luas cukup memberikan arsiran di bawah kurva. Sehingga didapat luasnya adalah 14,58 m². Tebal papan kayu yang digunakan dalam membangun kapal adalah 25 mm. sehingga berat untuk bukaan kulit adalah

$$\begin{aligned}
 W &= A_h \cdot t \cdot \rho \\
 &= 14,58 \times 25/1000 \times 800 \\
 &= 583,06 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Dilanjutkan dengan melakukan perhitungan pada gading-gading kapal. Jarak masing-masing gading adalah sejauh 0,5 meter dan ukuran gading adalah 100 x 150 mm. untuk Panjang tiap gading didapat dengan bantuan *software* Maxsurf modeler dengan cara memberikan *station* pada tiap jarak 0,5 meter. Lalu tiap *station* yang telah didapat dihitung panjangnya sebagai panjang gading-gading kapal.

Tabel IV.9 Ukuran Gading Kapal

No	Item	Dimensi (m)			Volume (m ³)	Berat (kg)
		Panjang	Tebal	Lebar		
1	Gading 1	1,324	0,1	0,15	0,01986	31,78
2	Gading 2	1,330	0,1	0,15	0,019955	31,927
3	Gading 3	1,340	0,1	0,15	0,020103	32,165
4	Gading 4	1,352	0,1	0,15	0,020285	32,455
5	Gading 5	1,364	0,1	0,15	0,020465	32,743
6	Gading 6	1,374	0,1	0,15	0,020603	32,964
7	Gading 7	1,379	0,1	0,15	0,020687	33,098
8	Gading 8	1,382	0,1	0,15	0,020735	33,175
9	Gading 9	1,384	0,1	0,15	0,02076	33,216
10	Gading 10	1,387	0,1	0,15	0,020811	33,298
11	Gading 11	1,390	0,1	0,15	0,020853	33,365
12	Gading 12	1,394	0,1	0,15	0,020912	33,458
13	Gading 13	1,399	0,1	0,15	0,020988	33,581
14	Gading 14	1,404	0,1	0,15	0,021054	33,686
15	Gading 15	1,405	0,1	0,15	0,021075	33,72
16	Gading 16	1,402	0,1	0,15	0,02103	33,648

17	Gading 17	1,393	0,1	0,15	0,020895	33,432
18	Gading 18	1,377	0,1	0,15	0,020655	33,048
19	Gading 19	1,356	0,1	0,15	0,02034	32,544
20	Gading 20	1,341	0,1	0,15	0,020115	32,184
21	Gading 21	0,948	0,1	0,15	0,014225	22,759
22	Gading 22	0,464	0,1	0,15	0,006962	11,138
Total						693,381

Berat lambung ditambah dengan berat haluan, atap dan tempat duduk yang berjumlah 12 tempat duduk. Perhitungan untuk berat haluan dan tempat duduk dilakukan dengan cara yang sama dengan lambung. Sehingga berat total kapal kosong adalah 1624,29 kg

Hasil perhitungan juga dibandingkan dengan berat kapal dari model Maxsurf. Jika hasil perhitungan jauh lebih kecil daripada berat pada model Maxsurf maka hasil perhitungan tidak diterima. Berat lambung kapal pada model adalah sebesar *displacement* kapal pada saat sarat kapal kosong. *Displacement* kapal dapat diketahui dengan menghitung hidrostatis kapal pada menu *data* lalu klik *calculate hydrostatic*. Dari data tersebut didapat *displacement* kapal sebesar 1,702 ton.

Berat kapal dari data Maxsurf ini dikurangi dengan berat mesin dan berat bensin yang digunakan. Mesin yang digunakan adalah Yamaha 40 yang memiliki berat 72 kg. Untuk berat bensin maka dikalikan dengan massa jenis bensin yaitu 900 kg/m^3 dengan kapasitas bensin yang dibawa adalah sebanyak 30liter atau setara dengan $0,03\text{m}^3$.

$$\begin{aligned} \text{Berat bensin} &= 0,03\text{m}^3 \times 900\text{kg/m}^3 \\ &= 27\text{kg} \end{aligned}$$

Sehingga berat lambung kapal

$$\begin{aligned} \text{Berat lambung} &= 1702 - 72 - 27 \\ &= 1603 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dengan demikian berat kapal dari perhitungan dapat digunakan.

Untuk LCB lambung diambil dari data hidrostatis yang didapat dari *software* Maxsurf yaitu sebesar 5,52 meter dari Ap. Setelah LCB lambung didapatkan selanjutnya ialah menentukan LCG kapal dengan menggunakan rumus pendekatan dari buku *Parametric Design* chap 11:

$$\text{LCG (\%)} = -0,15 + \text{LCB\%}$$

Dari persamaan tersebut dapat dilihat bahwa LCB harus dalam bentuk persen, sehingga nilai LCB harus dikonversi terlebih dulu ke dalam bentuk persen.

$$\text{LCB (\%)} = \text{LCB/L \%}$$

$$= 5,52/9,9 \%$$

$$= 52,71\%$$

Sehingga LCG

$$\text{LCG (\%)} = -0,15 + 55,71$$

$$= 55,56\%$$

$$= 5,5 \text{ m dari ap}$$

Dalam konversi kapal, atap kapal akan digunakan untuk meletakkan panel surya. Sehingga untuk perhitungan selanjutnya berat kapal dikurangi dengan berat atap kapal sebesar 144kg. berat kapal yang baru menjadi 1480,29 kg. Dan LCG dari kapal kosong sebelum ditambahkan perangkat panel surya, baterai dan motor adalah 5,19 m dari ap.

IV.9.2. Berat Outfitting

Berat *outfitting* adalah semua berat yang menempel pada kapal namun bukan bagian dari lambung kapal. Yang termasuk *outfitting* seperti panel surya, motor dan baterai .

Tabel IV.10 Berat *Outfitting*

No	Item	Jumlah	Berat (kg)		Momen dari AP (kg.m)
			Satuan	Total	
1	Panel Surya	9	18,7	168,3	625,78
2	Motor Listrik	1	56	62,5	-18,75
3	Baterai	3	36,5	109,5	147,83
Total				340,3	754,85

$$\text{LCG} = \text{Momen} / \text{berat}$$

$$= 754,85 / 340,3$$

$$= 2,218 \text{ m dari ap}$$

Dari perhitungan di atas didapatkan berat kapal kosong dengan menjumlahkan semua komponennya yaitu sebesar 1820,6 kg. dengan LCG 4,64 m dari ap.

IV.9.3. Berat Muatan

Muatan yang dibawa pada kapal penyebrangan tradisional adalah penumpang dan operator dari kapal itu sendiri. Penumpang maksimal dari kapal penyebrangan adalah berjumlah 12 orang sedangkan untuk operator berjumlah 2 orang. Untuk berat tiap orang merujuk pada 2008 *Intact Stability (IS) Code Reg III/3.1* yaitu berat minimal adalah sebesar 75 kg.

$$\text{Penumpang dan operator} = 14 \text{ Orang}$$

$$\begin{aligned} \text{Berat 1 orang} &= 75 \text{ kg} \\ \text{Berat total} &= 14 \times 75 = 1050 \text{ kg} \end{aligned}$$

Sedangkan muatan berupa cairan seperti bensin dan pelumas tidak dimasukkan karena tidak diperlukan untuk motor listrik. Muatan cair yang dibawa adalah air mineral gelas sebanyak satu kardus.

$$1 \text{ gelas} = 240 \text{ ml}$$

1 kardus memiliki 48 air mineral gelas

$$1 \text{ kardus} = 240 \times 48$$

$$= 11520 \text{ ml} = 11,52 \text{ Liter}$$

$$\rho \text{ air tawar} = 1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ kg/Liter}$$

$$\text{Berat air tawar} = 11,52 \times 1$$

$$= 11,52 \text{ kg}$$

Sehingga berat muatan total adalah

$$\text{Berat muatan} = 1050 + 11,52$$

$$= 1061,52 \text{ kg} = 1,06152 \text{ ton}$$

Tabel IV.11 Berat Muatan

no	Item	jumlah	Berat (ton)		LCG AP (m)	Momen (ton.m)	Lengan Vertikal (m)	Momen (ton.m)
			unit	total				
1	Penumpang	12	0,075	0,9	4	3,6	4,60	0,45
2	Operator	2	0,075	0,15	4,6	0,69	0,7	0,105
3	Air Mineral	1	0,01152	0,01152	8	0,09216	0,3	0,003456
			Total	1,06152	Total	4,38216	Total	0,558456

Dari tabel di atas dapat dihitung LCG dan VCG dari muatan kapal yaitu sebesar

$$\text{LCG} = 4,3821/1,06152$$

$$= 4,128 \text{ m dari AP}$$

$$\text{VCG} = 0,558/1,06152$$

$$= 0,526 \text{ m}$$

IV.9.4. Berat Total

Berat total didapatkan dengan menjumlahkan seluruh berat yang ada pada kapal. Sehingga berat total kapal adalah sebesar

$$\text{Berat total} = \text{Berat lambung} + \text{berat } \textit{outfitting} + \text{berat muatan}$$

$$= 1480,29 + 340,3 + 1061,52$$

$$= 2882,11 \text{ kg}$$

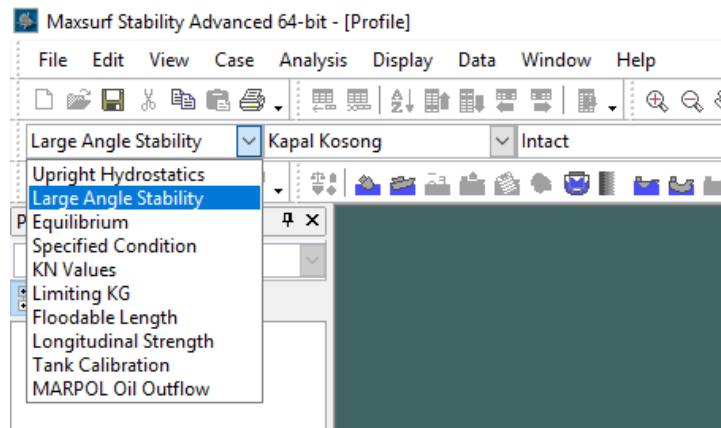
Dari data *displacement* yang didapat dari *software* Maxsurf, *displacement* kapal saat sarat penuh atau 0,35 meter yaitu sebesar 3064 kg. Sehingga ada selisih berat sebesar 181,89 kg. Hal ini berarti kapal masih bisa menampung beban seberat 181,89 kg hingga sarat penuh.

IV.10. Pemeriksaan Stabilitas Kapal


Pengecekan stabilitas dilakukan untuk mengetahui kondisi stabilitas kapal dan digunakan kriteria dari *Transport Canada Marine safety*. Kriteria yang digunakan merupakan kriteria untuk kapal ikan dengan geladak terbuka karena dalam penulisan tugas akhir ini tidak ditemukan kriteria stabilitas kapal kecil penumpang dengan geladak terbuka. Kondisi pemuatan pada pengecekan kali ini adalah sebagai berikut :

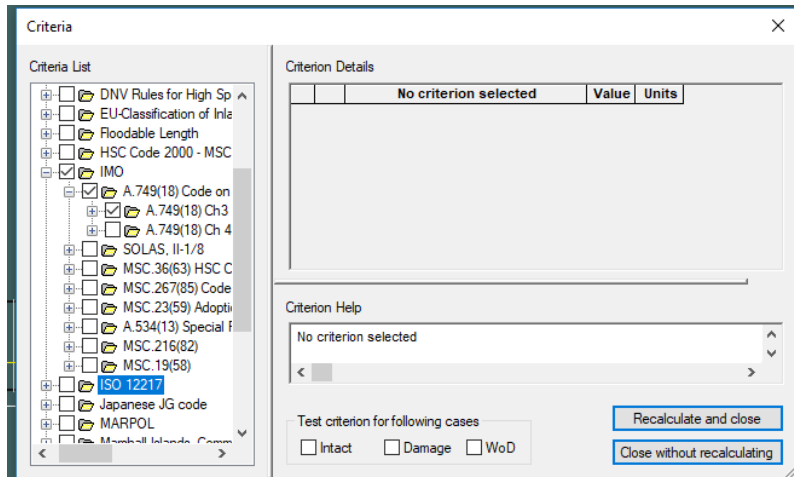
- 1 *Loadcase 1* : Kondisi kapal kosong setelah dilakukan konversi
- 2 *Loadcase 2* : Kondisi kapal penuh setelah dilakukan konversi
- 3 *Loadcase 3* : Kondisi kapal 10 penumpang setelah dilakukan konversi
- 4 *Loadcase 4* : Kondisi kapal 8 penumpang setelah dilakukan konversi
- 5 *Loadcase 5* : Kondisi kapal 6 penumpang setelah dilakukan konversi

Pemeriksaan stabilitas dibantu dengan *software* Maxsurf Stability. Buka model kapal sebelumnya dengan mengklik *open design* pada menu *File*. Untuk melakukan pemeriksaan stabilitas pergi ke menu *Analysis*, lalu pada sub menu *Set Analysis Type* pilih *Large Angel Stability*. Atau menggunakan *shortcut* pada *toolbar* analisis lalu pilih *large angel stability*.




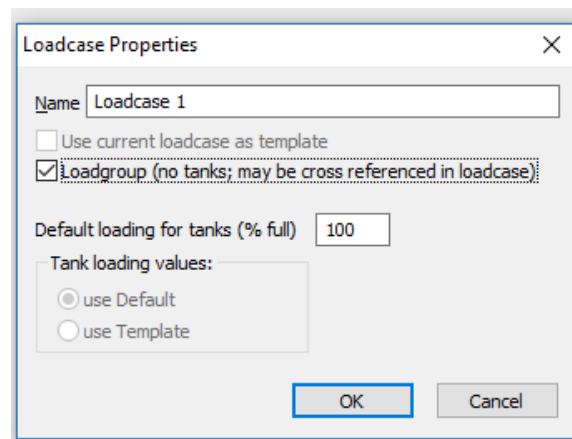
Gambar IV.13 Pilihan Analisis yang Bisa Dilakukan

Selanjutnya tentukan kriteria untuk pemeriksaan stabilitas kapal pada menu *Analysis* di sub menu *criteria*. Atau klik ikon  pada *toolbar*. Kemudian akan muncul kotak dialog untuk memilih kriteria stabilitas kapal. Pada kotak dialog kriteria terdapat banyak pilihan kriteria stabilitas kapal.




Gambar IV.14 Pemilihan Kriteria Stabilitas

Setelah dilakukan pemilihan kriteria stabilitas, langkah selanjutnya ialah menentukan *loadcase* yang akan kita periksa stabilitasnya. Tentukan pembebanan pada kapal dengan membuka jendela *Load case* dengan cara klik ikon  pada *toolbar*. Kemudian pergi ke menu *Edit* untuk menambah beban pada sub menu *Add Load*, atau dengan *shortcut* ctrl+A.





Gambar IV.15 Kotak Dialog *Loadcase Properties*

Akan muncul kotak dialog *Loadcase Properties* setelah menambah beban dan *loadcase* belum ditentukan sebelumnya. Seperti terlihat pada gambar IV.15, langkah selanjutnya tentukan nama untuk *loadcase* yang akan diperiksa stabilitasnya. Karena kapal yang menjadi objek survei tidak memiliki tangki-tangki, centang pada bagian *loadgroup(no tanks, may be cross referenced in loadcase)*

Setelah klik ok maka masukkan nilai-nilai pembebanan yang memengaruhi stabilitas kapal pada *loadcase* yang sudah ditentukan. Pemeriksaan stabilitas bisa langsung dilaksanakan dengan cara mengeklik *start stability analysis* pada menu *analysis* atau klik ikon  pada

toolbar. Analisis dilakukan pada setiap kondisi pemuatan atau *loadcase* yang telah ditentukan sebelumnya.

Setelah pemeriksaan selesai dilakukan, hasil dapat dilihat pada menu *Window* kemudian sub menu *result*. Atau dengan cara klik ikon  pada *toolbar window* untuk melihat hasil pemeriksaan stabilitas pada sudut-sudut yang telah ditentukan. Atau dengan klik ikon  untuk membuka *criteria result window* dan melihat hasil pemeriksaan stabilitas sesuai dengan kriteria yang telah ditentukan sebelumnya.

Berdasarkan peraturan dari *US Coast Guard* dilakukan perhitungan pada tinggi metasentrik (GM) terhadap kriteria cuaca dan penumpang. Di mana pada aturan 170.170 untuk kriteria cuaca diberikan persamaan:

$$GM \geq \frac{PAH}{W \tan T}$$

Di mana

P = 0,036+(L/1309)² ton/m² untuk *great lake summer service* atau pelayaran dengan sebagian perairan terlindungi.

A = Proyeksi area lateral dalam meter kuadrat bagian kapal di atas sarat

H = jarak vertikal dari pusat A menuju pusat area bawah air atau setengah sarat

W = *displacement*

T = 14° atau sudut pada seperempat *freeboard*

Perhitungan pada *loadcase 2*

$$\begin{aligned} GM &\geq 0,036+(9,9/1309)^2 \times 6,11 \text{ m}^2 \times 0,407 \text{ m}/(1,06 \times \tan (7^\circ)) \\ &\geq 0,253 \end{aligned}$$

Kemudian GM pada kapal sesungguhnya didapatkan dengan bantuan *maxsurf* dengan nilai GM pada *loadcase 2* sebesar 0,593 sehingga untuk kriteria cuaca pada *loadcase 2* memenuhi.

Tinggi metasentrik (GM) untuk kriteria penumpang diatur dalam 171.050 dengan melakukan perhitungan dengan persamaan:

$$GM \geq [(W/\Delta)(2/3)(b)]/(\tan(T))$$

Di mana

Δ = *displacement*

W = berat penumpang selain kru kapal

T = 14° atau sudut pada setengah tinggi *freeboard*

b =jarak dari *center line* ke *geometric center* dari penumpang

Perhitungan pada *loadcase 2*

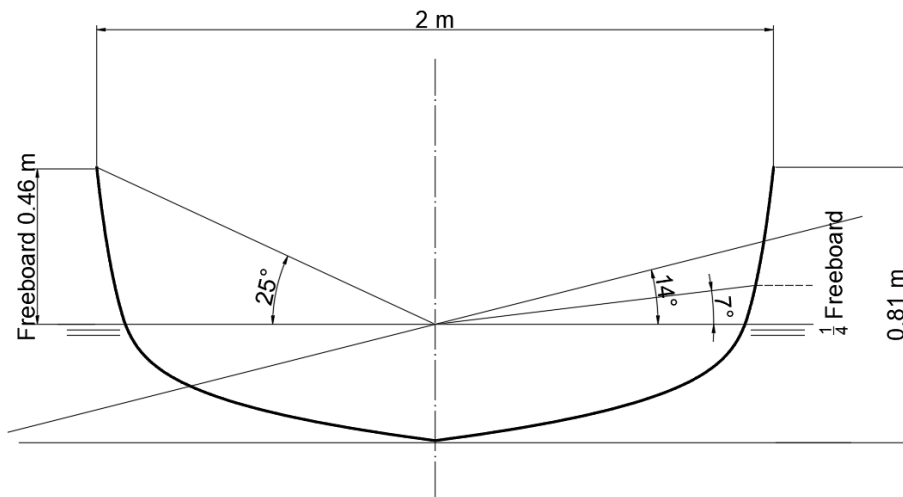
$$GM \geq [(1,062/2,882)(2/3)(0,245)]/(\tan 7^\circ)$$

$$\geq 0,489$$

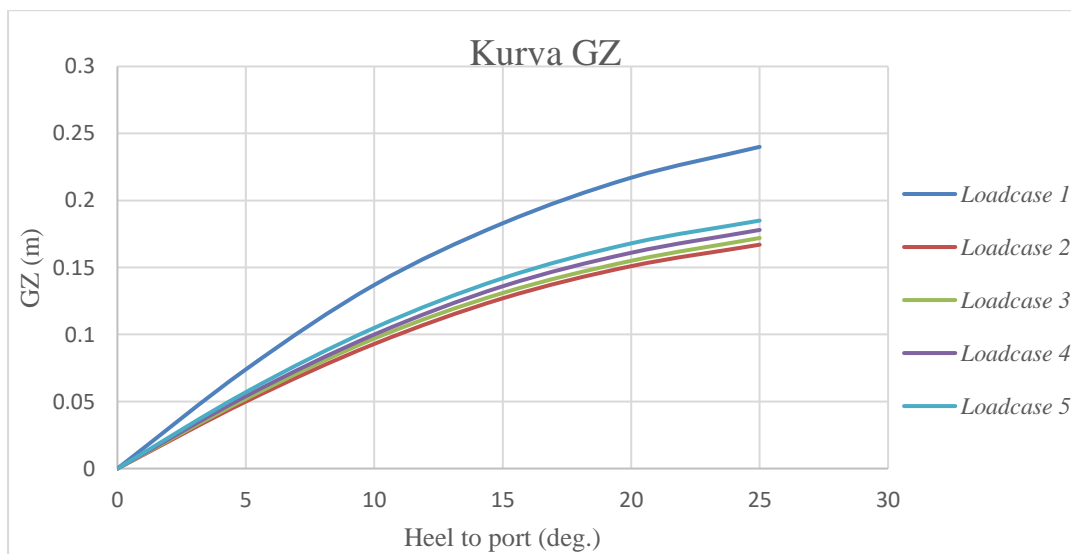
GM kapal sebenarnya adalah 0,593 sehingga pada *loadcase 2* memenuhi untuk kriteria penumpang. Hasil pada *loadcase* yang lain akan ditampilkan dalam tabel berikut

Tabel IV.12 Pemeriksaan Stabilitas

No	Kondisi		170. 170	171. 050	Gm (m)	Status
1	<i>loadcase 1</i>	GM harus lebih besar dari	0,274	0,000	0,875	diterima
2	<i>loadcase 2</i>	GM harus lebih besar dari	0,253	0,489	0,593	diterima
3	<i>loadcase 3</i>	GM harus lebih besar dari	0,276	0,398	0,613	diterima
4	<i>loadcase 4</i>	GM harus lebih besar dari	0,299	0,307	0,638	diterima
5	<i>loadcase 5</i>	GM harus lebih besar dari	0,320	0,219	0,669	diterima



Gambar IV.16 Persyaratan Kemiringan Kapal



Gambar IV.17 Kurva GZ masing-masing *loadcase*

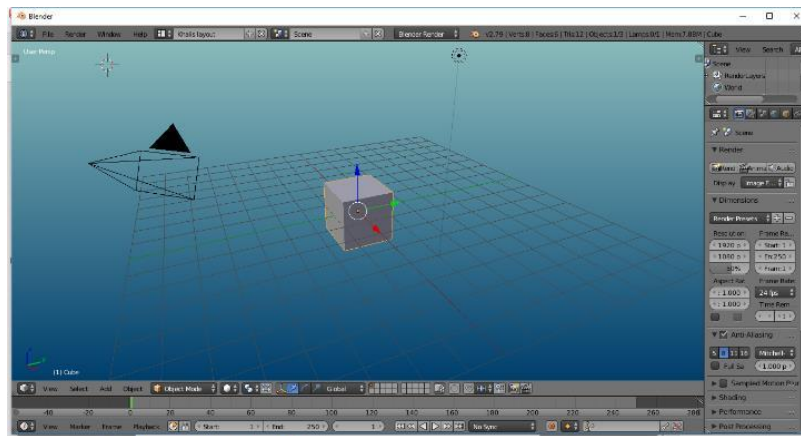
IV.11. Pemeriksaan *Freeboard*

Lambung timbul atau *freeboard* merupakan daya apung cadangan kapal dan memiliki dampak terhadap keselamatan kapal, baik keselamatan kru kapal atau penumpang kapal dan kapal itu sendiri. Besarnya nilai *freeboard* diukur dari jarak secara vertikal pada bagian *midship* kapal dari tepi garis geladak hingga garis air di area *midship*. Pemeriksaan *freeboard* untuk kapal kecil harus memenuhi kriteria yang telah disyaratkan oleh Kementerian Perhubungan Republik Indonesia. Kriteria tersebut disebutkan dalam Standar Kapal Non-Konvensi Berbendera Indonesia Bab VI di mana *freeboard* minimum tidak boleh kurang dari 250 mm. Untuk kapal setelah konversi memiliki *freeboard*:

$$\begin{aligned} \text{Freeboard} &= H-T \\ &= 0,81\text{m}-0,35\text{m} \\ &= 0,46 \text{ m (memenuhi)} \end{aligned}$$

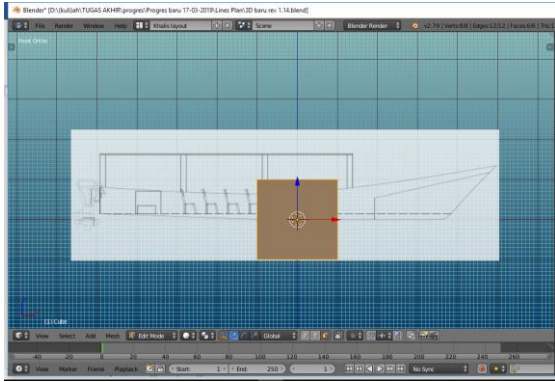
IV.12. Pemodelan 3 Dimensi

Setelah rencana umum kapal didapatkan, proses selanjutnya yaitu mendapatkan model 3D. Pemodelan dilakukan dengan melakukan proyeksi terhadap gambar rencana umum. Pemodelan 3D dilakukan dengan bantuan *software* Blender.

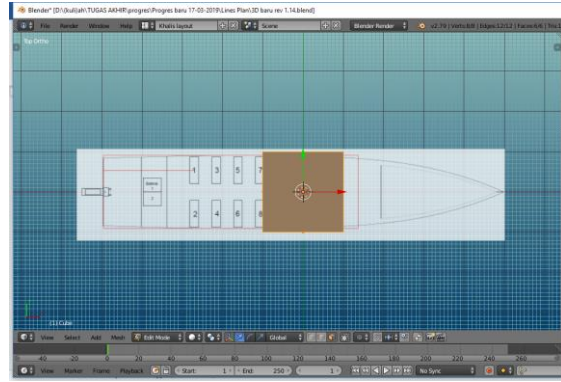


Gambar IV.18 Tampilan Awal *Software* Blender

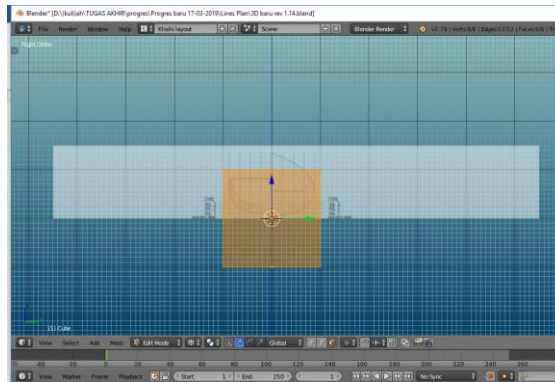
Proses awal pemodelan dilakukan dari objek kubus. Kemudian pada bagian latar belakang diberi gambar rencana umum sebagai acuan proyeksi. Gambar rencana umum tampak samping diletakkan pada bidang XZ dan gambar tampak atas diletakkan pada bidang XY dan pada bidang YZ diletakkan gambar tampak depan. Pada kubus diberi tambahan *vertex* atau *control point* untuk mempermudah proyeksi.



(a)



(b)

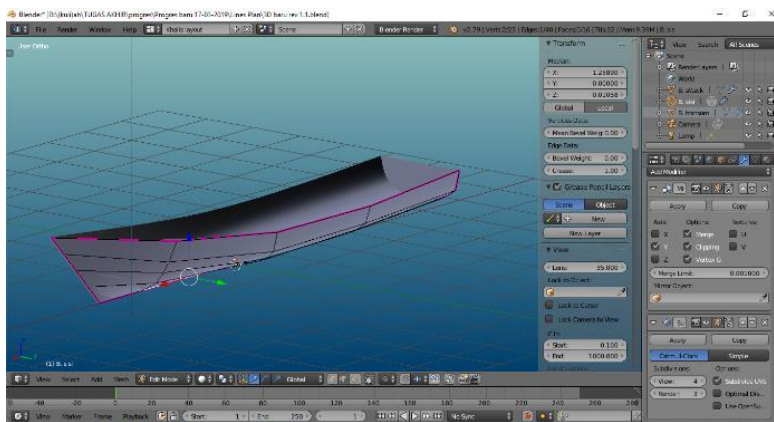


(c)

Gambar IV.19 Proyeksi Terhadap Gambar Rencan Umum

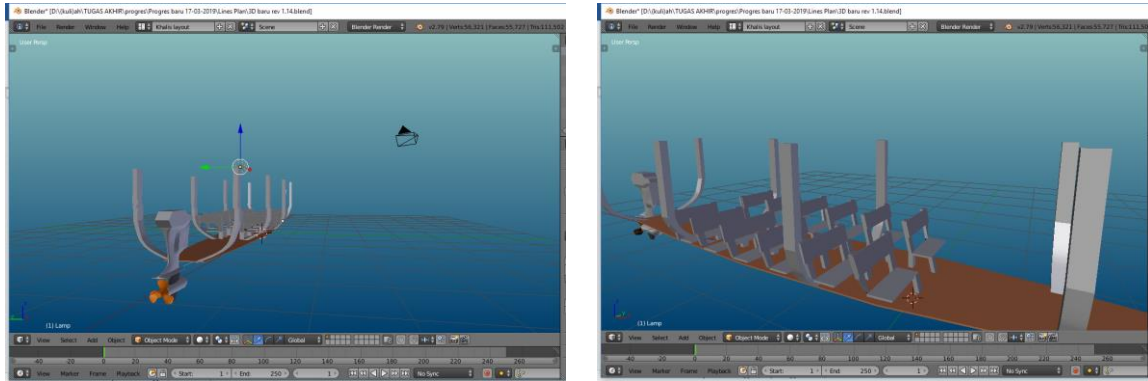
(a) Proyeksi dari Samping (b) Proyeksi dari Atas dan (c) Proyeksi dari depan

Vertex disesuaikan dengan bentuk lambung kapal yang menjadi acuan proyeksi. Bentuk lambung kapal diatur sedemikian rupa agar model sesuai dengan bentuk kapal yang sebenarnya. Semakin banyak *vertex* yang digunakan maka bentuk kapal akan semakin mudah dibentuk dan disesuaikan dengan bentuk sebenarnya. Perlu diberi efek tambahan agar permukaan yang dibuat terlihat mulus dan tidak patah.



Gambar IV.20 Proses Pemodelan Lambung Kapal

Setelah lambung kapal didapatkan, dilanjutkan dengan pemodelan *outfitting* dan bagian-bagian lainnya dari kapal seperti tempat duduk dan atap. Bagian-bagian ini juga dimodelkan dengan cara yang sama dengan pemodelan lambung yaitu menggunakan proyeksi yang di dapat dari gambar rencana garis.



(a)

(b)

Gambar IV.21 Pemodelan *Outfitting* kapal
 (a) Pemodelan Bagian Buritan, Motor (b) Pemodelan Tempat Duduk

Setelah semua bagian kapal selesai, proses selanjutnya memberikan latar belakang pada model kapal. Tujuannya untuk memperbagus tampilan saat di-*render* atau disimpan ke dalam format gambar. Kemudian diatur pencahayaan dan efek bayangan pada model agar terlihat lebih realistis. Setelah memberikan latar belakang selanjutnya ialah me-*render* model untuk ditampilkan dalam format gambar, PNG atau jpeg. Berikut bentuk kapal yang telah selesai di-*render*.



(a)

(b)

Gambar IV.22 Gambar Hasil *Render*
 (a) 3D Tampak Depan; (b) 3D Tamapak Belakang

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB V ANALISIS EKONOMIS

V.1. Perhitungan Biaya Konversi Kapal

Dalam konversi kapal penyebrangan tradisional menjadi kapal bertenaga surya dibutuhkan perangkat-perangkat untuk pembangkit listrik tenaga surya, penyimpanan daya dan motor listrik. Dalam hal ini berupa panel surya, baterai, motor listrik dan peralatan lainnya yang dibutuhkan. Dalam tugas akhir ini biaya konversi kapal dihitung berdasarkan harga tiap-tiap item di pasaran. Berikut merupakan barang-barang yang dibutuhkan dalam konversi kapal.

Tabel V.1 Biaya Estimasi Pembelian untuk Konversi

No	Item	Keterangan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Harga Total
1	Panel Surya	Q. PEAK DUO-G5 305-330	Rp2.871.248,64	9	Rp25.841.237,76
2	Motor	Torqueedo Cruise 10.0 R	Rp144.389.449,95	1	Rp144.389.449,95
3	Baterai	Power 48-5000	Rp80.209.229,95	3	Rp240.627.689,84
4	Charger	Charger for 48-5000	Rp12.819.998,95	1	Rp12.819.998,95
5	Gateway Set	Torqueedo 2217-00	Rp3.192.965,95	1	Rp3.192.965,95
6	Solar charge contro MPPT	Victron SmartSolar MPPT 150/35 Charge Controller	Rp4.567.062,24	1	Rp4.567.062,24
7	Kabel Untuk panel surya	Kabel 2x 2,5mm 10 Meter khusus Panel Surya c	Rp165.000,00	2	Rp330.000,00
Total					Rp431.768.404,67

Untuk baterai dan motor memiliki *lifetime* tertentu sehingga perlu diganti jika telah sampai masanya. Untuk baterai diestimasikan memiliki 2000 *lifecycle* atau dengan kata lain baterai dapat di-*discharge* dan diisi ulang kembali sebanyak 2000 kali (Pillot, 2012). Jika dalam sehari penggunaan setara dengan satu *lifecycle* berarti baterai dapat digunakan untuk 2000 hari kerja atau setara 10 tahun. Sehingga setiap 10 tahun dilakukan penggantian baterai. Sedangkan motor listrik diestimasikan dapat bertahan 15 sampai 20 tahun (Barnes, 2003).

Selanjutnya dilakukan estimasi biaya konversi sebesar 10% dari harga pembelian perangkat untuk sistem panel surya

$$\begin{aligned} \text{Biaya konversi} &= \text{Rp}431.768.404,67 \times 10\% \\ &= \text{Rp}43.176.840,47 \end{aligned}$$

Kemudian dilakukan terhadap koreksi keadaan ekonomi berupa inflasi, data dari Bank Indonesia menunjukkan rata-rata inflasi yang terjadi di Indonesia terhitung dari Januari 2017 hingga Maret 2019 adalah sebesar 3,44% (Bank Indonesia, 2019.)

$$\begin{aligned} \text{Biaya Inflasi} &= \text{Rp}431.768.404,67 \times 3,44\% \\ &= \text{Rp}14.857.815,06 \end{aligned}$$

Sehingga total biaya untuk investasi awal adalah sebesar:

$$\begin{aligned} \text{Fix Cost} &= \text{Harga Pembelian Item} + \text{Harga Konversi} + \text{Biaya Inflasi} \\ &= \text{Rp}431.768.404,67 + \text{Rp}43.176.840,47 + \text{Rp}14.857.815,06 \\ &= \text{Rp}489.803.060,20 \end{aligned}$$

Untuk mendapatkan dana dilakukan Pinjaman ke Bank BRI sebesar 70 % dari total biaya dengan bunga pinjaman 12,5% per tahun dalam jangka waktu peminjaman 10 tahun. Dengan asumsi jika tidak dapat melunasi hutang dalam jangka waktu peminjaman maka aset akan diambil oleh bank.

$$\begin{aligned} \text{Pinjaman dari bank} &= \text{Rp}489.803.060,20 \times 70\% \\ &= \text{Rp}342.862.142,14 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Bunga pinjaman} &= \text{Rp}342.862.142,14 \times 12,5\% \\ &= \text{Rp}42.857.767,77 \text{ per tahun} \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan terhadap kombinasi konversi dengan menggunakan motor EZ Outboard dan baterai Trojan, untuk perhitungan akan dilampirkan. Sehingga didapat data sebagai berikut

Tabel V.2 Biaya Konversi

	Fix Cost	Pinjaman	Bunga pinjaman
Konversi 1	Rp489.803.060,20	Rp342.862.142,14	Rp42.857.767,77
Konversi 2	Rp105.882.827,40	Rp74.117.979,18	Rp9.264.747,40
Konversi 3	Rp217.646.068,44	Rp152.352.247,91	Rp19.044.030,99
Konversi 4	Rp174.468.453,77	Rp122.127.917,64	Rp15.265.989,70

Di mana

- Konversi 1 motor Torqeedo dengan baterai lithium
- Konversi 2 motor EZ Outboard dengan baterai Trojan AGM
- Konversi 3 motor Torqeedo dengan baterai Trojan AGM
- Konversi 4 motor EZ Outboard dengan baterai lithium

V.2. Penentuan Harga Sewa

Harga sewa ditentukan dengan memperhitungkan kebutuhan listrik, bayaran untuk kru dan biaya untuk pengembalian modal investasi. Setelah konversi diasumsikan kapal disewakan sebanyak empat kali dalam seminggu atau dua kali lebih sering daripada sebelum konversi. Sebelumnya juga dilakukan perhitungan biaya sebelum konversi untuk nantinya dibandingkan dengan keuntungan setelah konversi. Kapal disewakan dua kali dalam seminggu dengan harga sewa kapal sebelum konversi adalah Rp600.000,00 sehingga estimasi keuntungan dalam setahun adalah:

$$\begin{aligned}\text{Pendapatan dalam seminggu} &= \text{Rp}600.000,00 \times 2 \\ &= \text{Rp}1.200.000,00\end{aligned}$$

$$\text{Setahun} = \text{Rp}57.600.000,00$$

Pendapatan di atas dikurangi dengan biaya untuk kebutuhan bensin. Dalam sehari kerja dibutuhkan bensin sebanyak 30 liter. Dengan harga bensin sebesar Rp7000,00 per liter pada 16 Maret 2019 sehingga biaya untuk bensin dalam sehari kerja adalah Rp210.000,00. Dengan begitu dalam setahun dibutuhkan biaya sebesar Rp20.160.000,00 untuk pengeluaran bensin.

Sehingga pendapatan yang diperoleh dalam setahun dengan menggunakan mesin berbahan bakar minyak adalah

$$\begin{aligned}\text{Pendapatan} &= \text{Rp}57.600.000,00 - \text{Rp}20.160.000,00 \\ &= \text{Rp}37.440.000,00\end{aligned}$$

Kemudian untuk menentukan harga sewa dihitung biaya untuk menyuplai listrik dari darat dengan harga listrik per Maret 2019 sebesar Rp1.467,28/kWh. Untuk kebutuhan listrik yang disuplai dari darat diestimasikan sebesar 50% dari kebutuhan listrik total karena mempertimbangkan faktor cuaca dan langit mendung.

$$\text{Listri darat} = 4,24 \text{ kWh}$$

$$\begin{aligned}\text{Biaya listrik} &= \text{Rp}1.467,28/\text{kWh} \times 4,24 \text{ kWh} \\ &= \text{Rp}6.214,83 \text{ per hari} \\ &= \text{Rp}1.193.247,36 \text{ per tahun}\end{aligned}$$

Selanjutnya dihitung bayaran untuk kru operator dengan bayaran Rp200.000, per orang untuk tiap pelayaran.

$$\begin{aligned}\text{Biaya kru} &= \text{Rp}200.000,00 \times 2 \\ &= \text{Rp}400.000,00 \text{ per hari} \\ &= \text{Rp}76.800.000,00 \text{ per tahun}\end{aligned}$$

Sehingga didapat total pengeluaran per tahun sebesar Rp77.993.247,64.

Kemudian harga sewa ditentukan dengan menilai dari Investasi yang berhasil untuk 10 tahun atau kurang. Hal ini disebabkan agar pinjaman yang dilakukan kepada bank sudah kembali dan tidak terkena denda atau penalti lain sesuai kesepakatan peminjaman. Untuk itu dilakukan perhitungan NPV pada beberapa harga sewa. Harga sewa yang diestimasikan dimulai dari Rp500.000,00 hingga Rp1.500.000,00.

V.3. Perhitungan NPV (*Net Present Value*)

Net Present value adalah perbedaan antara nilai arus kas masuk di waktu sekarang dengan kas keluar. NPV digunakan untuk mengukur keuntungan dari sebuah investasi yang dilakukan. Nilai NPV yang positif mengindikasikan investasi dapat diterima dan apa bila bernilai negatif maka investasi ditolak. Pada perhitungan NPV kali ini digunakan *rate of return* sebesar 12,5% sama besar dengan suku bunga kredit konsumsi non KPR dari bank BRI.

$$NPV = -cash\ outflow + cash\ inflow$$

Di mana uang keluar adalah biaya Investasi awal dijumlahkan dengan biaya untuk pembayaran bunga dan pengeluaran tahunan. Untuk pembayaran bunga bank dan pengeluaran tahunan dikalikan dengan PV faktor karena prinsipnya semua nilai di masa depan harus diubah ke nilai yang sesuai di masa kini.

$$Cash\ outflow = \text{Investasi awal} + \text{Bunga bank} * PV\ factor + \text{Pengeluaran tahunan} * PV\ factor$$

$$PVF, OA_{t,i} = \frac{1 - \frac{1}{(1+i)^t}}{i}$$

Untuk perhitungan *cash inflow* maka pendapatan yang diperoleh juga dikalikan dengan *PV factor*.

$$Cash\ inflow = \text{Pendapatan tahunan} \times PV\ factor$$

(Perhitungan dilampirkan)

Perhitungan NPV dilakukan hanya sampai tahun ke-20. Berikut rangkuman daftar harga dan kondisi ketika NPV bernilai positif.

Tabel V.3 Nilia NPV Positif Pada Berbagai Harga Sewa

No	Harga Sewa	NPV Positif	
		Tahun ke-	Nilai
1	Rp500.000,00	-	-
2	Rp550.000,00	-	-
3	Rp600.000,00	-	-
4	Rp650.000,00	-	-
5	Rp700.000,00	-	-
6	Rp750.000,00	-	-

7	Rp800.000,00	-	-
8	Rp850.000,00	-	-
9	Rp900.000,00	-	-
10	Rp950.000,00	-	-
11	Rp1.000.000,00	17	Rp 2.534.934,11
12	Rp1.050.000,00	13	Rp 16.473.420,88
13	Rp1.100.000,00	10	Rp 10.407.842,56
14	Rp1.150.000,00	9	Rp 32.778.673,65
15	Rp1.200.000,00	7	Rp 2.323.943,19
16	Rp1.250.000,00	7	Rp 45.450.031,94
17	Rp1.300.000,00	6	Rp 32.124.533,71
18	Rp1.350.000,00	5	Rp 2.797.954,44
19	Rp1.400.000,00	5	Rp 36.979.410,51
20	Rp1.450.000,00	5	Rp 71.160.866,59
21	Rp1.500.000,00	4	Rp 12.586.510,94

Dari tabel di atas terlihat harga sewa mulai dari Rp500.000,00 sampai Rp1000.000,00 NPV tidak bernilai positif setelah 20 tahun. Dengan ketentuan hutang harus dilunasi dalam jangka waktu peminjaman yang telah ditentukan sebelumnya sehingga harga sewa yang mungkin ditawarkan adalah Rp1.100.000,00. Dengan harga sewa Rp1.100.000,00 didapatkan pendapatan dalam setahun sebesar

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan kotor} &= \text{Rp}1.100.000,00 \times 4 \times 48 \\ &= \text{Rp}211.200.000,00 \end{aligned}$$

Pendapatan dikurangi dengan biaya listrik dan kru serta bunga bank dalam setahun

$$\begin{aligned} \text{Pendapatan} &= \text{Rp}211.200.000,00 - \text{Rp}77.993.247,64 - \text{Rp}42.857.767,77 \\ &= \text{Rp}90.348.984,60 \end{aligned}$$

Dengan cara yang sama dilakukan perhitungan ekonomis dengan kombinasi motor dan baterai yang lainnya. Sehingga didapat data sebagai berikut

Tabel V.4 Perbandingan Harga Sewa

	Kapal Eksis	Konversi 1	Konversi 2	Konversi 3	Konversi 4
Biaya Investasi	Rp -	Rp489.803.060,20	Rp105.882.827,40	Rp217.646.068,44	Rp174.468.453,77
Biaya Operasi	Rp20.160.000,00	Rp77.993.247,64	Rp97.193.247,64	Rp97.193.247,64	Rp97.193.247,64
NPV tahun ke-	-	10	6	8	10
Harga sewa	Rp600.000,00	Rp1.100.000,00	Rp700.000,00	Rp850.000,00	Rp750.000,00
Pendapatan	Rp37.440.000,00	Rp90.348.984,60	Rp27.942.004,97	Rp46.962.721,37	Rp33.344.680,31

Dari tabel di atas dapat dilihat konversi dengan motor EZ Outboard dengan baterai Trojan AGM memiliki harga sewa terendah saat investasi kembali pada tahun ke-6. Pada tabel di atas pendapatan per tahun yang didapat belum termasuk biaya untuk investasi awal. Sehingga investasi yang paling mungkin dilakukan adalah konversi kapal dengan motor EZ Outboard dan baterai Trojan AGM.

Pada Kapal *existing* biaya operasional hanya biaya pengeluaran untuk bensin tanpa dikurangi biaya untuk kru kapal karena pada kapal *existing* pendapatan diberikan pada kru kapal. Sedangkan pada konversi pengeluaran sudah termasuk biaya untuk kru kapal. Dengan demikian pendapatan untuk kru kapal setelah konversi mengalami kenaikan mencapai 2 kali lipat.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

VI.1. Kesimpulan

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

1. Gambar rencana garis dan rencana umum sebelum konversi disajikan pada lampiran C.
2. Besarnya hambatan kapal adalah sebesar 0,642 kN dengan kebutuhan daya motor sebesar 2,65 kW. Kapal menggunakan penggerak motor listrik tipe *EZ Outboard Sport series*.
3. Jumlah baterai yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan daya motor penggerak adalah 4 buah baterai dengan merek Trojan T-1275.
4. Daya panel surya yang dibutuhkan adalah 9,46 kWh untuk satu kali rute pelayaran.
5. Desain rencana umum setelah konversi disajikan pada lampiran D.
6. Stabilitas Kapal setelah konversi memenuhi kriteria *Transport Canada Marine safety*.
7. Berdasarkan perhitungan ekonomis yang telah dilakukan, konversi yang mungkin dilakukan adalah dengan motor *EZ Outboard* dan baterai Trojan dengan kebutuhan investasi awal sebesar Rp105.882.827,40 . Dengan harga sewa Rp700.000,00 yang memiliki NPV positif pada tahun ke-6 dan memiliki pendapatan per tahun sebesar Rp27.942.004,97 setelah dikurangi biaya untuk kru kapal sebesar Rp200.000,00 per pelayaran.
8. Pemodelan 3D kapal disajikan pada Lampiran E.

Dengan demikian konversi kapal dengan konsep *solar-powered boat* dapat diperkenalkan ke masyarakat dan menjadi solusi terhadap penggunaan bahan bakar fosil yang terus meningkat.

VI.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan pada tugas akhir ini, hal-hal yang disarankan adalah sebagai berikut

1. Konversi kapal dengan konsep *solar-powered boat* diterapkan pada kapal penyebrangan yang lebih modern.

2. Dilakukan penambahan daya agar kapal dapat berlayar lebih cepat
3. Dilakukan inovasi pada atap kapal agar kebutuhan daya untuk motor terpenuhi seluruhnya oleh panel surya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abrar, K., & Mahardika, W. A. (2017). *Laporan Tugas Desain Kapal 1*. Surabaya.
- Bank Indonesia. (2019). Data Inflasi - Bank Sentral Republik Indonesia. Retrieved March 26, 2019, from <https://www.bi.go.id/id/moneter/inflasi/data/Default.aspx>
- Barnes, M. (2003). *Practical Variable Speed Drives and Power Electronics*. (V. Mehra, Ed.), Newnes (1st ed.). Oxford: Newnes.
- Bednarova, Z. (2012). MS Tûranor PlanetSolar yacht completes her first tour around the world with a success — Yacht Charter & Superyacht News. Retrieved March 20, 2019, from <https://www.charterworld.com/news/ms-tranor-planetsolar-yacht-completes-tour-world-success>
- Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Sumatera Barat. (2015). Revisi Perencanaan Objek Wisata Kawasan Mandeh (Masterplan Mandeh), 2015(September), 1–10.
- Ekici, S., & Kopru, A. (2017). Investigation of PV System Cable Losses. *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH* S.Ekici and M.A.Kopru, 7(2). Retrieved from <http://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/article/viewFile/5660/pdf>
- Hopper, C. (2019). System Losses – Aurora Solar Help Center. Retrieved March 27, 2019, from <https://help.aurorasolar.com/hc/en-us/articles/220450107-System-Losses>
- Industri Pariwisata Indonesia. (2016). Retrieved April 26, 2018, from <https://www.indonesia-investments.com/id/bisnis/industri-sektor/pariwisata/item6051#maintop>
- Investor Daily. (2016). Penggunaan Energi Terbarukan Hanya 6,8%. Retrieved May 23, 2018, from <https://id.beritasatu.com/energy/penggunaan-energi-terbarukan-hanya-68/145109>
- Janaloka. (2017a). Jenis-Jenis Panel Surya yang Telah Digunakan di Dunia - Janaloka. Retrieved May 23, 2018, from <https://janaloka.com/jenis-jenis-panel-surya/>
- Janaloka. (2017b). Tipe Baterai yang Sesuai Untuk Sistem Panel Surya - Janaloka. Retrieved May 21, 2018, from <https://janaloka.com/tipe-baterai-yang-sesuai-untuk-sistem-panel-surya/>
- Kementerian Pariwisata RI. (2015). Pariwisata Kini Jadi Andalan Pendulang Devisa Negara. Retrieved April 26, 2018, from <http://www.kemenpar.go.id/post/pariwisata-kini-jadi-andalan-pendulang-devisa-negara>
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2016). Jurnal Energi. *Journal Energi*, 02, 100. Retrieved from www.esdm.go.id
- Krivik, P., & Baca, P. (2013). Electrochemical energy storage. *Energy Storage-Technologies and Applications*. <https://doi.org/10.1021/ar400100z>

- Kurniawan, A. (2016). A Review of Solar-Powered Boat Development. *IPTEK The Journal for Technology and Science*, 27(1). <https://doi.org/10.12962/j20882033.v27i1.761>
- Larsson, L., & Raven, H. C. (2010). *Experimental Resistance Prediction and Flow Measurement*. In: *The Principles of Naval Architecture Series - Ship Resistance and Flow*. (J. R. Paulling, Ed.). Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Mowen, M. M., Hansen, D. R., & Heitger, D. L. (2011). *Fundamental Cornerstones of Managerial Accounting* (5th ed.). Mason.
- Nelson, J. (2003). The Physics of solar cells df. *Journal of Applied Physics*. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1063/1.326636>"
- Pillot, C. (2012). The worldwide battery market 2011-2025. *Batteries 2012*, 33(0), 1–34.
- Rawson, K. J., & Tupper, E. C. (2001). *Basic Ship Theory - Hydrostatics and Strength Vol 1. Spine* (5th ed.). Oxford: Butterworth-Heinemann. <https://doi.org/10.1016/B978-075065398-5/50017-0>
- Rumbayan, M., Abudureyimu, A., & Nagasaka, K. (2012). Mapping of solar energy potential in Indonesia using artificial neural network and geographical information system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 1437–1449. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2011.11.024>
- SNAME. (1988a). *Principles of Naval Architecture, Vol 1 Stability and Strength*. (E. V. Lewis, Ed.). Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- SNAME. (1988b). *Principles of Naval Architecture, Volume II Resistance, Propulsion and Vibration*. (E. V. Lewis, Ed.) (Vol. II). Jersey City: The Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Vries, P. de, Connors, M., & Jaliwala, R. (2011). ENERGI yang Terbarukan, 106.
- Yang, T., Cox, T., Degano, M., Bozhko, S., & Gerada, C. (2016). History and Recent Advancements of Electric Propulsion and Integrated Electrical Power Systems for Commercial & Naval Vessels. Retrieved from [http://eprints.nottingham.ac.uk/44835/1/History and Recent Advancements of Electric Propulsion and Integrated Electrical Power Systems for Commercial %26 Naval Vessels.pdf](http://eprints.nottingham.ac.uk/44835/1/History_and_Recent_Advancements_of_Electric_Propulsion_and_Integrated_Electrical_Power_Systems_for_Commercial_%26_Naval_Vessels.pdf)

LAMPIRAN

Lampiran A Perhitungan Teknis

Lampiran B Perhitungan Ekonomis

Lampiran C Gambar Rencana Garis Kapal Tradisional dan Rencana Umum Sebelum Konversi

Lampiran D Gambar Rencana Umum Kapal Tradisional Setelah Konversi

Lampiran E Gambar Model 3D Kapal Tradisional

Lampiran F Kriteria Stabilitas

Lampiran G Brosur

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS

Koefisien			
Input Data :			
L =	10.45 m	Vs=	3.43 m/s
B =	2.00 m	ρ =	1025 kg/m ³
H =	0.70 m	g =	9.81 m/s ²
T =	0.35 m	Lwl =	9.9 m
Fn =	0.34		

Perhitungan :	
<ul style="list-style-type: none"> ● Froude Number Dasar 	
$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$	
= 0.339	; Principles of Naval Architecture Vol. II Page 58
<ul style="list-style-type: none"> ● Koefisien Blok : 	
$C_B = 0.472$; data dari maxsurf
=	
<ul style="list-style-type: none"> ● Koefisien Midship 	
$C_M = 0.78 + 0.21C_B$; Ship resistance and propulsion page 203
= 0.87912	
<ul style="list-style-type: none"> ● Koefisien Luas Garis Air 	
$C_{WP} = (1 + 2C_B)/3$; Parametric Design Chapter 11 Page 16
= 0.648	

Perhitungan Lain	
<ul style="list-style-type: none"> ● Koefisien Prismatic 	
$C_p = 0.675$; data dari maxsurf
=	
<ul style="list-style-type: none"> ● (m³) ∇ 	$\Delta(\text{ton})$
$= Lwl \cdot B \cdot T \cdot C_B$	$\Delta = Lpp \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \rho$
= 3.27096 m ³	= 3064 kg
	= 3.064 ton
<ul style="list-style-type: none"> ● Longitudinal Center of Buoyancy (LCB) 	
a. LCB (%) = $[(-13,5) + 19,4 \cdot C_p] \% Lpp$	
= -0.405 %Lpp	
b. LCB dari M= $(LCB(\%))/100 Lpp$	
= -0.040 m dari midship	
c. LCB dari AP= $0,5 \cdot L_{pp} + LCB_M$	
= 4.910 m dari AP	
d. LCB dari FP= 4.990 m dari FP	; Parametric Design Chapter 11 Page 19
LCG (%) = -0.15 + LCB %	
= -0.190 %	
LCG midship = -0.018819 m	
LCG = 4.931181 m dari ap	

Perhitungan Hambatan

L =	10.45 m	C _B =	0.4720
B =	2.00 m	C _M =	0.8791
T =	0.35 m	C _{WP} =	0.6456
D =	0.70 m	C _P =	0.6750
V _s =	3.43 m/s	Lwl =	9.90 m
ρ =	1025.00 kg/m ³		
Fn =	0.34		

Choice No.	C _{stern}	Used for
1	-25	<i>Pram with Gondola</i>
2	-10	<i>V - Shaped Sections</i>
3	0	<i>Normal Section Shape</i>
4	10	<i>U - Shaped Sections with Hogner Stern</i> ; PNA Vol. II Page 91

Viscous Resistance

- C_{F0} (Friction Coefficient - ITTC 1957) ; PNA Vol. II Page 59

$$R_n = L_{WL} \cdot \frac{V_s}{\nu} \quad \text{suhu dianggap } 25 \quad \nu = 9.4252E-07$$

$$= 36062895.217$$

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} \quad ; \text{ PNA Vol. II Page 90}$$

$$= 0.00243$$

- Harga 1 + k₁ ; PNA Vol. II Page 91

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.487 \cdot \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right) \cdot 0.3649 \cdot (1 - C_p)^{0.6042}$$

$$= 1.2632$$

$$c = 1 + 0.011 c_{stern}$$

$$= 1$$

$$\frac{L_R}{L} = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)} \quad LCB = -0.4050 \%$$

$$= 0.324$$

$$L^3 / \nabla = 348.878$$

Resistance of Appendages

- Wetted Surface Area ; PNA Vol. II Page 91

A_{BT} = Cross sectional area of bulb in FP

$$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_M$$

$$= 0 \quad \rightarrow \text{ tanpa bulb}$$

$$S = L(2T+B)C_M^{0.5} (0.4530+0.4425C_B -0.2862C_M -0.00346\frac{B}{T} +0.3696C_{WP}) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B}$$

$$= 16.240 \text{ m}^2$$

S_{tot} = Wetted surface of bare hull and appendages

$$= S + S_{app}$$

$$= 16.240 \text{ m}^2$$

; PNA Vol. II Page 92

Wave Making Resistance

; PNA Vol. II Page 92

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

$$= 1.957$$

$$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25 \quad B/L = 0.191$$

$$= 0.191$$

$$\text{Even Keel} \rightarrow \begin{matrix} T_a = T \\ T_f = T \end{matrix}$$

$$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 16225 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left(LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T} \right)^3$$

$$= 22.191$$

; PNA Vol. II Page 93

• Harga m₁

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

$$= -2.031$$

$$C_5 = 8.0798 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.9844 C_p^3 \rightarrow C_p \leq 0.8$$

$$= 1.284$$

• Harga m₂

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}} \quad F_n^{-3.29} = 35.094$$

$$e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0.303$$

$$= -0.20546$$

$$C_6 = -1.694 \quad \text{untuk } L^3 / \nabla < 512 \quad L^3 / \nabla = 348.878$$

• Harga λ

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \rightarrow L/B \leq 12 \quad L/B = 5.225$$

$$= 0.819$$

• Harga C₂

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

• Harga C₃

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

$$A_T = 0.12 \quad m^2$$

A_T = The immersed area of the transom at zero speed

$$= 0.843999844$$

; PNA Vol. II Page 92

• Harga R_w/w

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

$$= 0.00667404606$$

$$-0.136832$$

• C_A (Correlation Allowance)

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205$$

$$\rightarrow T_f/Lwl \geq 0.04$$

$$= 0.0008$$

$$T_f/Lwl = 0.071$$

; PNA Vol. II Page 93

• W (gaya berat)

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

$$= 32890.321 \text{ N}$$

• R_{Total}

; PNA Vol. II Page 93

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

$$= 596.894 \text{ N}$$

$$= 0.597 \text{ kN}$$

$$R_t \text{ maxsurf} = 0.642 \text{ kN}$$

pakai yang dari maxsurf

Perhitungan Power

Lpp = 9.90 m	C _B = 0.4720
B = 2.00 m	C _M = 0.8791
T = 0.35 m	C _{WP} = 0.6480
D = 0.70 m	C _p = 0.6750
Vs = 3.43 m/s	L = 10.45 m
ρ = 9.81 kg/m ³	Rt = 0.642 kN
Fn = 0.34	n = 3

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

; PNA Vol. II Page 91

• C_{F0} (Friction Coefficient - ITTC 1957) ; PNA Vol. II Page 90

$$R_n = L_{WL} \cdot \frac{V_s}{\nu}$$

suhu dianggap 25
ν = 9.4252E-07

$$= 38066389.396 \quad ; PNA Vol. II Page 59$$

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$$

$$= 0.00241$$

• Harga 1 + k₁

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.48 \cdot \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right) 0.3649 (1 - C_p)^{-0.6042}$$

$$= 1.2632$$

Perhitungan Effective Horse Power

PE = Rt * Vs Parametric design chapter 11, hal 11-27

$$= 2.2042 \text{ kW}$$

Perhitungan Thrust Horse Power

PT = PE * η_H Parametric design chapter 11, hal 11-29

η_H = Hull efficiency

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

(1-t) = 0.900 t = thrust deduction factor

$$= 0.1$$

(1-w) =

$$w = 0,3 C_B + 10 C_v \cdot C_B - 0,1$$

w = wake fraction

$$= 0.059623405$$

C_v = (1+k) · C_{F0} + C_A Principle of Naval Architecture Vol. II hal 163

$$= 0.003818518$$

C_A (Correlation Allowance) C_v = viscous resistance coefficient

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205$$

$$= 0.0008$$

(1-w) = 0.940

η_H = 0.957063377

PT = 2.303086768 kW

RT+ 15% = 2.648549783 kW

Perhitungan Power

Lpp = 9.90 m	C _B = 0.4720
B = 2.00 m	C _M = 0.8791
T = 0.35 m	C _{WP} = 0.6480
D = 0.70 m	C _p = 0.6750
Vs = 3.43 m/s	L = 10.45 m
ρ = 9.81 kg/m ³	Rt = 0.642 kN
Fn = 0.34	n = 3

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

; PNA Vol. II Page 91

• C_{F0} (Friction Coefficient - ITTC 1957) ; PNA Vol. II Page 90

$$R_n = L_{WL} \cdot \frac{V_s}{\nu}$$

suhu dianggap 25
ν = 9.4252E-07

$$= 38066389.396$$

; PNA Vol. II Page 59

$$C_{F0} = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2}$$

$$= 0.00241$$

• Harga 1 + k₁

$$1 + k_1 = 0.93 + 0.48 \cdot \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right) 0.3649 (1 - C_p)^{-0.6042}$$

$$= 1.2632$$

Perhitungan Effective Horse Power

PE = Rt * Vs Parametric design chapter 11, hal 11-27

$$= 2.2042 \text{ kW}$$

Perhitungan Thrust Horse Power

PT = PE * η_H Parametric design chapter 11, hal 11-29

η_H = Hull efficiency

$$\eta_H = (1-t)/(1-w)$$

(1-t) = 0.900 t = thrust deduction factor

$$= 0.1$$

(1-w) =

$$w = 0.3 C_B + 10 C_v \cdot C_B - 0.1$$

$$= 0.059623405$$

w = wake fraction

C_v = (1+k) · C_{F0} + C_A Principle of Naval Architecture Vol. II hal 163

$$= 0.003818518$$

C_A (Correlation Allowance) C_v = viscous resistance coefficient

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205$$

$$= 0.0008$$

(1-w) = 0.940

η_H = 0.957063377

PT = 2.303086768 kW

RT+ 15% = 2.648549783 kW

Penentuan Motor, Baterai, dan Panel Surya

THP = 2.648549783 kW

Motor Specification

	Cruise 10.0 R	
Kriteria	Nilai	satuan
Input power	10,000	watt
Propulsive power	5,600	watt
Comparable petrol outboards (propulsive power)	20	HP
Comparable petrol outboards (thrust)	25	HP
Maximum overall efficiency	56	%
Static thrust in lbs*	≤ 405	lbs
Integrated battery	-	
Nominal voltage	48	Volt
Final charging voltage	-	
Total weight	59.8 (S) / 61.3 (L) / 62.5 (XL)	kg
Motor weight without battery in kg	-	
Weight of integrated battery	-	
Shaft length in cm	38.5 (S) / 51.2 (L) / 63.9 (XL)	cm
Standard propeller	v22/p10k	
v = speed in km/h at p = power in watts		
Alternative propeller options	v32/p10k & v15/p10k	
Maximum propeller speed in rpm	1,400	rpm
Control	Remote throttle	
Steering	Provision to connect to standard remote steering	
Tilting device	Electrohydraulic tilt device with overload protection.	
Tilt angle	+-45°	

Trim device	Manual, 4-step
Integrated on-board computer	Yes
Stepless forward/reverse drive	Yes

Battery Specification

General features Torqeedo power 48-5000		
Kriteria	nilai	satuan/keterangan
Capacity	5275	Wh
Nominal voltage	44.4	V
Final discharging voltage	36	V
Maximum discharge rate	200	A
Maximum discharge rate at nominal voltage	8.800 W	W
Weight	36.5	kg
Dimensions (L x H x B)	506 mm x 386 mm x 224 mm	
Volume	31	l
Battery chemistry	LMO-NMC	
Benchmark information		
Energy density (weight)	145	Wh/kg
Energy density (volume)	160	Wh/l
Price-performance	1,00	EUR/Wh
Power density (weight)	250	W/kg
Power density (volume)	280	W/l
Lifetime data		
Cycle lifetime	>3000 cycles with 80% discharge depth at 25°C	result in capacity loss of approx. 20%
Average annual capacity loss	Approx. 4% at 25°C ambient temperature	

Usage information		
Cell operating temperature	-20°C bis +60°C	
Cell charging temperature	0°C bis +45°C	
Temperature (storage)	-25°C to +55°C	
Typical storage time at 50% SOC		
Max. connections	1S1P or 1S12P	
Max. quick charge	120 A	
Protection class	IP67	Waterproof, can be submerged to depth of 1 metre for 30 minutes without damage
Battery composition		
Number of cells	1S12P BEV	
Cell housing		
Capacity per cell		
Nominal voltage per cell		
Cell connection		
Battery management system and safety		
On-off switch	Yes	CAN
Cell balancing	Yes	
High-current and short-circuit protection		
Deep discharge protection	Yes, cut-off at < 36 V	
Protection against polarity reversal	Yes	
Individual cell voltage monitoring	Yes	
Current interruption device (CID) for each cell	Yes	

Safety vent for each cell	Yes	
Cell temperature monitoring	Yes	
Temperature monitoring of battery electronics	Yes	
Automatic shutdown in the event of submersion	Yes	
Information system		
Interface	CAN	
Electronic battery identification	Yes	Important for connecting multiple batteries into battery banks
Data logging	Yes	Important for warranty information

PV Specification

PV Type =	Q.PEAK DUO-G5 305-330	
Dimension =	1685 * 1000 * 32	mm (including frame)
weight =	18.7	kg
Power =	320	Watt (test condition)
Power at normal operating =	237.2	Watt
I_{MPP} =	7.56	A (normal operating)
V_{MPP} =	31.39	V (normal operating)
Efficiency =	19.6	%

Perhitungan Berat Kapal

L = 10.45 m	LWL = 9.9
B = 2.00 m	0.75 LWL = 7.425
T = 0.35 m	$\rho = 1025 \text{ kg/m}^3$
H = 0.70 m	

HULL

L(B/3+H) =	14.28166667 m ²
B/3 + H =	1.366666667
t =	25 mm

dari bukaan kulit kapal luas kulit kapal seluas 13.0921 m² dan transom 0.4394

1/2A =	14.5764 m ²
A =	29.1528
V =	0.72882 m ³

Density meranti = 0.3 - 0.8 g/cm³
800 kg/m³

Berat = 583.056 kg

LCB =	5.516 m dari ap	data dari maxsurf
LCB midship =	0.566 m	
LCB % =	5.717171717 %	

LCG (%) =	-0.15 + LCB %	parametric design chap 11 hal 19
=	5.567 %	
LCG midship =	0.55115 m	
LCG =	5.50115 m dari ap	

KG = $C_{KG} \cdot D$; Ship Design for Efficiency and Economy Page 150
 = 0.469 m ; C_{KG} = koefisien titik berat kapal penumpang
 = 0.67

Momen L kapal = 3207.478514 kg.m
 Moment V Kapal = 273.453264

Tempat Duduk

dudukan =	740*240*20 mm	beart jenis kayu meranti = 0.3 - 0.86 g/cm ³
=	0.003552 m ³	700 kg/m ³
berat =	2.4864 kg	

sandaran =	740*150*20 mm
=	0.00222 m ³
berat =	1.554 kg

berat 1 tp. duduk = 4.0404 kg

jumlah kursi = 12
 berat total = 48.4848 kg

momen kursi = 193.9392 kg.m moment V = 19.39392 kg.m
 LCG = 4 m dari ap VCG = 0.4 m

Fore

A. Fore = 2.9109 m2
 v fore= 0.0727725
 Berat = 50.94075 kg
 LCG = 8.7 m VCG = 0.834
 moment = 443.184525 kg.m moment V = 42.48459 kg.m

Total tanpa Atap

berat tot = 1480.28955 kg
 moment L tot = 7687.439459 kg.m Moment V tot = 697.0818 kg.m
 LCG tot = 5.193199844 m VCG tot = 0.470909 m

Atap

Panjang = 6 m
 tebal = 0.015 m
 Volume = 0.18 m3
 Berat = 144 kg
 LCG = 3 m VCG = 1.882222 m
 Moment = 432 Moment V = 271.04 kg.m

Berat Sebelum Konversi

Berat tot = 1624.28955
 Moment L tot = 8119.439459 kg.m Moment V tot = 968.1218 kg.m
 LCG tot = 4.998763588 m VCG tot = 0.596028 m

ro = 800 kg/m3

NO	item	dimensi (m)			Volume (m3)	Berat (kg)	LCG	moment
		P	t	l				
1	gading 1	1.324	0.1	0.15	0.01986	31.776	0	0
2	gading 2	1.330	0.1	0.15	0.019955	31.9272	0.5	15.9636
3	gading 3	1.340	0.1	0.15	0.020103	32.1648	1	32.1648
4	gading 4	1.352	0.1	0.15	0.020285	32.4552	1.5	48.6828
5	gading 5	1.364	0.1	0.15	0.020465	32.7432	2	65.4864
6	gading 6	1.374	0.1	0.15	0.020603	32.964	2.5	82.41
7	gading 7	1.379	0.1	0.15	0.020687	33.0984	3	99.2952
8	gading 8	1.382	0.1	0.15	0.020735	33.1752	3.5	116.1132
9	gading 9	1.384	0.1	0.15	0.02076	33.216	4	132.864
10	gading 10	1.387	0.1	0.15	0.020811	33.2976	4.5	149.8392
11	gading 11	1.390	0.1	0.15	0.020853	33.3648	5	166.824
12	gading 12	1.394	0.1	0.15	0.020912	33.4584	5.5	184.0212
13	gading 13	1.399	0.1	0.15	0.020988	33.5808	6	201.4848
14	gading 14	1.404	0.1	0.15	0.021054	33.6864	6.5	218.9616
15	gading 15	1.405	0.1	0.15	0.021075	33.72	7	236.04
16	gading 16	1.402	0.1	0.15	0.02103	33.648	7.5	252.36
17	gading 17	1.393	0.1	0.15	0.020895	33.432	8	267.456
18	gading 18	1.377	0.1	0.15	0.020655	33.048	8.5	280.908
19	gading 19	1.356	0.1	0.15	0.02034	32.544	9	292.896

20	gading 20	1.341	0.1	0.15	0.020115	32.184	9.5	305.748
21	gading 21	0.948	0.1	0.15	0.014225	22.7592	10	227.592
22	gading 22	0.464	0.1	0.15	0.006962	11.1384	10.5	116.9532
						693.3816		3494.064

LCG = 5.039165 m

VCG = 0.317604 m

NO	item	dimensi (m)			Volume (m3)	Berat (kg)	LCG	moment
		P	t	l				
1	Tiang 1	1.10	0.10	0.15	0.02	26.38	0.08	1.98
2	Tiang 2	1.16	0.10	0.15	0.02	27.94	2.33	64.95
3	Tiang 3	1.16	0.10	0.15	0.02	27.74	4.58	126.93
4	Tiang 4	0.93	0.10	0.15	0.01	22.37	6.93	154.92
						104.43		348.77

LCG = 3.339895 m

VCG = 1.3553 m

berat total = 1624.29 kg

berat tnpa atap= 1480.29 kg

Berat dari maxsurf

Displacement= 1.702 ton saat kapal kosong pada 0.25 m
 berat kapal = 1702 kg

Berat lambung

berat mesin = 72 kg
 Lcg = -0.225 m
 momen = -16.2

Bensin = 30 liter $\rho = 900 \text{ kg/m}^3$
 = 0.03 m3
 berat bensin= 27 kg
 Lcg = 0.2
 momen = 5.4

Berat kapal kosong= 1603 kg

1.31%

Perhitungan Titik Berat Kapal Kosong

Kapal Kosong

no	Item	jumlah	Berat (ton)		LCG AP (m)	Momen (ton.m)	Lengan Vertikal (m)	Momen (kg.m)	Transverse	Momen (kg.m)
			unit	total						
1	Lambung	1	1.48029	1.48029	5.19319984	7.68743946	0.469	0.694256	0	0
2	PV 1	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	0.5	0.00935
3	PV 2	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	-0.5	-0.00935
4	PV 3	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	0.5	0.00935
5	PV 4	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	-0.5	-0.00935
6	PV 5	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.87	0.034969	0.5	0.00935
7	PV 6	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
8	PV 7	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	0.5	0.00935
9	PV 8	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
10	PV 9	1	0.0187	0.0187	6.5	0.12155	1.8	0.03366	0	0
14	Motor	1	0.0625	0.0625	-0.3	-0.01875	0.6424	0.04015	0	0
15	baterai	1	0.0365	0.0365	1.35	0.049275	0.2682	0.009789	0.193	0.007045
16	baterai	1	0.0365	0.0365	1.35	0.049275	0.2682	0.009789	-0.193	-0.00704
17	baterai	1	0.0365	0.0365	1.35	0.049275	0.2682	0.009789	0	0
			Total	1.82059	Total	8.44229126	Total	1.080552	Total	0

LCG = 4.637119 dari Ap

KG = 0.593517

Pembebanan Penumpang

no	Item	jumlah	Berat (ton)		LCG AP (m)	Momen (ton.m)	Lengan Vertikal (m)	Momen (ton.m)	Transverse	Momen (ton.m)
			unit	total						
1	Penumpang + barang 1	1	0.075	0.075	2.5	0.1875	0.5	0.0375	0.6	0.045
2	Penumpang + barang 2	1	0.075	0.075	2.5	0.1875	0.5	0.0375	-0.6	-0.045
3	Penumpang + barang 3	1	0.075	0.075	3.1	0.2325	0.5	0.0375	0.6	0.045
4	Penumpang + barang 4	1	0.075	0.075	3.1	0.2325	0.5	0.0375	-0.6	-0.045
5	Penumpang + barang 5	1	0.075	0.075	3.7	0.2775	0.5	0.0375	0.6	0.045
6	Penumpang + barang 6	1	0.075	0.075	3.7	0.2775	0.5	0.0375	-0.6	-0.045
7	Penumpang + barang 7	1	0.075	0.075	4.3	0.3225	0.5	0.0375	0.6	0.045
8	Penumpang + barang 8	1	0.075	0.075	4.3	0.3225	0.5	0.0375	-0.6	-0.045
9	Penumpang + barang 9	1	0.075	0.075	4.9	0.3675	0.5	0.0375	0.6	0.045
10	Penumpang + barang 10	1	0.075	0.075	4.9	0.3675	0.5	0.0375	-0.6	-0.045
11	Penumpang + barang 11	1	0.075	0.075	5.5	0.4125	0.5	0.0375	0.6	0.045
12	Penumpang + barang 12	1	0.075	0.075	5.5	0.4125	0.5	0.0375	-0.6	-0.045
13	ABK1	1	0.075	0.075	0.2	0.015	0.7	0.0525	-0.5	-0.0375
14	ABK 2	1	0.075	0.075	9	0.675	0.7	0.0525	0.5	0.0375
15	Air Mineral	1	0.01152	0.01152	8	0.09216	0.3	0.003456	0	0
			Total	1.06152	Total	4.38216	Total	0.558456	Total	0

LCG = 4.128194 dari Ap

VCG = 0.526091

Berat = 2.88211 ton

momet L = 12.82445 ton.m

LCG = 4.449675 m dari Ap

moment V = 1.6390077

VCG = 0.56868334

Kapal Kosong, Motor EZ Baterai Trojan

no	Item	jumlah	Berat (ton)		LCG AP (m)	Momen (ton.m)	Lengan Vertikal (m)	Momen (kg.m)	Transverse	Momen (kg.m)
			unit	total						
1	Lambung	1	1.48029	1.48029	5.19319984	7.68743946	0.469	0.694256	0	0
2	PV 1	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	0.5	0.00935
3	PV 2	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	-0.5	-0.00935
4	PV 3	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	0.5	0.00935
5	PV 4	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	-0.5	-0.00935
6	PV 5	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.87	0.034969	0.5	0.00935
7	PV 6	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
8	PV 7	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	0.5	0.00935
9	PV 8	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
10	PV 9	1	0.0187	0.0187	6.5	0.12155	1.8	0.03366	0	0
14	Motor	1	0.035	0.035	-0.3	-0.0105	0.6424	0.022484	0	0
15	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.2682	0.01046	0.193	0.007527
16	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.2682	0.01046	-0.193	-0.00753
17	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.4097	0.015978	0.193	0.007527
18	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.4097	0.015978	-0.193	-0.00753
			Total	1.83959	Total	8.51331626	Total	1.086394	Total	0

LCG = 4.627835 dari Ap

KG = 0.590563

Berat = 2.90111 ton

momet L = 12.89548 ton.m

LCG = 4.445015 m dari Ap

moment V = 1.64485

VCG = 0.56697273

Kapal Kosong, Motor Torqeedo Baterai Trojan

no	Item	jumlah	Berat (ton)		LCG AP (m)	Momen (ton.m)	Lengan Vertikal (m)	Momen (kg.m)	Transverse	Momen (kg.m)
			unit	total						
1	Lambung	1	1.48029	1.48029	5.19319984	7.68743946	0.469	0.694256	0	0
2	PV 1	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	0.5	0.00935
3	PV 2	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	-0.5	-0.00935
4	PV 3	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	0.5	0.00935
5	PV 4	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	-0.5	-0.00935
6	PV 5	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.87	0.034969	0.5	0.00935
7	PV 6	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
8	PV 7	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	0.5	0.00935
9	PV 8	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
10	PV 9	1	0.0187	0.0187	6.5	0.12155	1.8	0.03366	0	0
14	Motor	1	0.0625	0.0625	-0.3	-0.01875	0.6424	0.04015	0	0
15	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.2682	0.01046	0.193	0.007527
16	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.2682	0.01046	-0.193	-0.00753
17	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.4097	0.01046	-0.193	-0.00753
17	baterai	1	0.039	0.039	1.35	0.05265	0.4097	0.015978	0.193	0.007527
			Total	1.86709	Total	8.50506626	Total	1.098541	Total	0

LCG = 4.555254 dari Ap

KG = 0.588371

Berat = 2.92861 ton

momet L = 12.88723 ton.m

LCG = 4.400459 m dari Ap

moment V = 1.6569975

VCG = 0.56579666

Kapal Kosong, Motor Ez Bateri Lithium

no	Item	jumlah	Berat (ton)		LCG AP (m)	Momen (ton.m)	Lengan Vertikal (m)	Momen (kg.m)	Transverse	Momen (kg.m)
			unit	total						
1	Lambung	1	1.48029	1.48029	5.19319984	7.68743946	0.469	0.694256	0	0
2	PV 1	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	0.5	0.00935
3	PV 2	1	0.0187	0.0187	0.843	0.0157641	1.97	0.036839	-0.5	-0.00935
4	PV 3	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	0.5	0.00935
5	PV 4	1	0.0187	0.0187	2.528	0.0472736	1.92	0.035904	-0.5	-0.00935
6	PV 5	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.87	0.034969	0.5	0.00935
7	PV 6	1	0.0187	0.0187	4.213	0.0787831	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
8	PV 7	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	0.5	0.00935
9	PV 8	1	0.0187	0.0187	5.898	0.1102926	1.83	0.034221	-0.5	-0.00935
10	PV 9	1	0.0187	0.0187	6.5	0.12155	1.8	0.03366	0	0
14	Motor	1	0.035	0.035	-0.3	-0.0105	0.6424	0.022484	0	0
15	baterai	1	0.04	0.04	1.35	0.054	0.2682	0.010728	0.193	0.00772
16	baterai	1	0.04	0.04	1.35	0.054	0.2682	0.010728	-0.193	-0.00772
			Total	1.76359	Total	8.41071626	Total	1.054974	Total	0

LCG = 4.769089 dari Ap

KG = 0.598197

Berat = 2.82511 ton

momet L = 12.79288 ton.m

LCG = 4.528276 m dari Ap

moment V = 1.6134298

VCG = 0.57110345

LWT + DWT

LWT

No	item	Berat (kg)
1	Hull	1480.29
2	Modul PV	168.3
3	Motor	62.5
4	Baterai	109.5
Total		1820.59

DWT

No	Item	Berat (kg)
1	Penumpang + ABK	1061.52
Total		1061.52

	LWT (ton)	Berat total (ton)	LCG	KG
Konversi 1	1.82	2.88	4.45	0.57
Konversi 2	1.84	2.90	4.45	0.57
Konversi 3	1.87	2.93	4.40	0.57
Konversi 4	1.76	2.83	4.53	0.57

Koreksi Displacement

No	Komponen Berat	nilai	satuan
1	Dispalcement = $L*B*T*C_b*\rho$	3064	kg
2	LWT	1820.59	kg
3	DWT	1061.52	kg
4	Dispalcement = LWT + DWT	2882.11	kg
Selisih		181.8905	kg
		5.94	%

No	Komponen Berat	nilai	satuan
1	Dispalcement = $L*B*T*C_b*\rho$	3.064	ton
2	LWT	1.82059	ton
3	DWT	1.06152	ton
4	Dispalcement = LWT + DWT	2.88211	ton
Selisih		0.18189	ton
		5.94	%

LAMPIRAN B
PERHITUNGAN EKONOMIS

Motor Torqeedo Baterai Torqeedo

Pengeluaran untuk Konversi

No	Item	Keterangan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Harga Total	Suplier
1	Panel Surya	Q.PEAK DUO-G5 305-330	Rp 2,871,248.64	9	Rp 25,841,237.76	Northen Arizona
2	Motor	Torqeedo Cruise 10.0 R	Rp 144,389,449.95	1	Rp 144,389,449.95	Torqeedo
3	Baterai	Power 48-5000	Rp 80,209,229.95	3	Rp 240,627,689.84	Torqeedo
4	Charger	Charger for Power 48-5001	Rp 12,819,998.95	1	Rp 12,819,998.95	Torqeedo
5	Gateway Set	Torqeedo 2217-00	Rp 3,192,965.95	1	Rp 3,192,965.95	Torqeedo
6	Solar charge contro MPPT	Victron SmartSolar MPPT 150/35 Charge Controller	Rp 4,567,062.24	1	Rp 4,567,062.24	Victron energy
7	Kabel Untuk panel surya	Kabel 2x 2,5mm 10 Meter khusus Panel Surya c	Rp 165,000.00	2	Rp 330,000.00	Indo-ware (tokopedia)
Total					Rp 431,768,404.67	

Biaya Pembelian	Rp	431,768,404.67
Biaya Konversi		
10% Biaya Pmebelian	Rp	43,176,840.47
Biaya Inflasi		
3.4% Biaya Pembelian	Rp	14,857,815.06
Total	Rp	489,803,060.20
Pinjaman dari Bank		70%
	Rp	342,862,142.14

Interest pertahun		12.50%
	Rp	42,857,767.77
Waktu Pinjaman		10 tahun
Pengeluaran		
Biaya Listrik	Rp	1,193,247.64 per tahun
Upah Kru	Rp	76,800,000.00 per tahun
total	Rp	77,993,247.64

Motor EZ Outboard baterai Trojan

Pengeluaran untuk Konversi

No	Item	Keterangan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Harga Total	Suplier
1	Panel Surya	Q.PEAK DUO-G5 305-330	Rp 2,871,248.64	9	Rp 25,841,237.76	Northen Arizona
2	Motor	EZ Outboard Sport	Rp 45,832,800.00	1	Rp 45,832,800.00	goldenmotor
3	Baterai	Trojan T 1257	Rp 4,200,000.00	4	Rp 16,800,000.00	Toko Replika Gadget
4	Solar charge contro MPPT	Victron SmartSolar MPPT 150/35 Charge Controller	Rp 4,567,062.24	1	Rp 4,567,062.24	Victron energy
5	Kabel Untuk panel surya	Kabel 2x 2,5mm 10 Meter khusus Panel Surya c	Rp 165,000.00	2	Rp 330,000.00	Indo-ware (tokopedia)
Total					Rp 93,371,100.00	6620.936862

Biaya Pembelian	Rp	93,371,100.00
Biaya Konversi 10%	Rp	9,337,110.00
Biaya Inflasi 3.4%	Rp	3,174,617.40
Total	Rp	105,882,827.40

$$\begin{aligned} \text{Fix cost} &= \text{Harga item} + \text{biaya konversi} + \text{biaya inflasi} \\ &= \text{Rp } 105,882,827.40 \end{aligned}$$

Pinjaman dari Bank		70%
	Rp	74,117,979.18
Interest pertahun		12.50%
	Rp	9,264,747.40
Waktu Pinjaman		10 tahun
Pengeluaran		
Biaya Listrik	Rp	1,193,247.64 per tahun
Upah Kru	Rp	76,800,000.00 per tahun
total	Rp	77,993,247.64

Motor Torqeedo baterai Trojan

Pengeluaran untuk Konversi

No	Item	Keterangan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Harga Total	Suplier
1	Panel Surya	Q.PEAK DUO-G5 305-330	Rp 2,871,248.64	9	Rp 25,841,237.76	Northen Arizona
2	Motor	Torqeedo Cruise 10.0 R	Rp 144,389,449.95	1	Rp 144,389,449.95	Torqeedo
3	Baterai	Trojan T 1257	Rp 4,200,000.00	4	Rp 16,800,000.00	Toko Replika Gadget
4	Solar charge contro MPPT	Victron SmartSolar MPPT 150/35 Charge Controller	Rp 4,567,062.24	1	Rp 4,567,062.24	Victron energy
5	Kabel Untuk panel surya	Kabel 2x 2,5mm 10 Meter khusus Panel Surya c	Rp 165,000.00	2	Rp 330,000.00	Indo-ware (tokopedia)
Total					Rp 191,927,749.95	

Biaya Pembelian	Rp	191,927,749.95
Biaya Konversi 10%	Rp	19,192,774.99
Biaya Inflasi 3.4%	Rp	6,525,543.50
Total	Rp	217,646,068.44

$$\text{Fix cost} = \text{Harga item} + \text{biaya konversi} + \text{biaya inflasi}$$

$$= \text{Rp } 217,646,068.44$$

Pinjaman dari Bank		70%
	Rp	152,352,247.91
Interest pertahun		12.50%
	Rp	19,044,030.99
Waktu Pinjaman		10 tahun

Pengeluaran		
Biaya Listrik	Rp	1,193,247.64 per tahun
Upah Kru	Rp	76,800,000.00 per tahun
total	Rp	77,993,247.64

Motor EZ Outboard baterai Trojan

Pengeluaran untuk Konversi

No	Item	Keterangan	Harga Satuan (Rp)	Jumlah	Harga Total	Suplier
1	Panel Surya	Q.PEAK DUO-G5 305-330	Rp 2,871,248.64	9	Rp 25,841,237.76	Northen Arizona
2	Motor	EZ Outboard Sport	Rp 45,832,800.00	1	Rp 45,832,800.00	goldenmotor
3	Baterai	Polinovel 24 V lithium	Rp 19,320,288.00	4	Rp 77,281,152.00	Toko Replika Gadget
4	Solar charge contro MPPT	Victron SmartSolar MPPT 150/35 Charge Controller	Rp 4,567,062.24	1	Rp 4,567,062.24	Victron energy
5	Kabel Untuk panel surya	Kabel 2x 2,5mm 10 Meter khusus Panel Surya c	Rp 165,000.00	2	Rp 330,000.00	Indo-ware (tokopedia)
Total					Rp 153,852,252.00	

Biaya Pembelian	Rp	153,852,252.00
Biaya Konversi 10%	Rp	15,385,225.20
Biaya Inflasi 3.4%	Rp	5,230,976.57
Total	Rp	174,468,453.77

$$\begin{aligned} \text{Fix cost} &= \text{Harga item} + \text{biaya konversi} + \text{biaya inflasi} \\ &= \text{Rp } 174,468,453.77 \end{aligned}$$

Pinjaman dari Bank		70%
	Rp	122,127,917.64
Interest pertahun		12.50%
	Rp	15,265,989.70
Waktu Pinjaman		10 tahun

Pengeluaran		
Biaya Listrik	Rp	1,193,247.64 per tahun
Upah Kru	Rp	76,800,000.00 per tahun
total	Rp	77,993,247.64

Analisis Ekonomis

Sebelum Konversi

• Pendapatan Sebelum Pemasangan Panel Surya

Dalam sehari kapal disewa satu kali

sewa sehari= 1 kali

pada pengumpulan data, dalam seminggu bot berlayar dua kali

seminggu = 2 kali

harga sewa = Rp 600,000.00 persewa

pendapatan seminggu = Rp 1,200,000.00

setahun = Rp 57,600,000.00 pertahun

Pengeluaran untuk Bensin

kebutuhan bensin = 30 liter

harga bensin = Rp 7,000.00 perliter

Pengeluaran = Rp 210,000.00 perhari

biaya setahun = Rp 20,160,000.00 pertahun

Pendapatan setahun setelah dikurangi biaya bensin

= Rp 37,440,000.00

Setelah Pemasangan Panel Surya

setelah pemasangan panel surya bot diestimasikan berlayar empat kali dalam seming

seminggu= 4 kali

setahun= 48 minggu

= 192

Pengeluaran

Biaya Listrik

Harga listrik = Rp 1,467.28 /kWh

kebutuhan listrik = 4.24 kWh

biaya listrik = Rp 6,214.83 perhari

biaya listrik = Rp 1,193,247.64 pertahun

Upah Kru = Rp 200,000.00 persewa

2 oranga Kru = Rp 400,000.00

biaya seminggu = Rp 1,600,000.00

biaya setahun = Rp 76,800,000.00

Total pengeluaran operasional = Rp 77,993,247.64 pertahun

Koreksi Keadaan Ekonomi

Biaya Pembelian = Rp 431,768,404.67

Biaya Konversi = 10%

Biaya Konversi = Rp 43,176,840.47

Tingkat Inflasi

Bulan Tahun	Tingkat Inflasi
Februari 2019	2.57%
Januari 2019	2.82%
Desember 2018	3.13%
Nopember 2018	3.23%
Oktober 2018	3.16%
Sep-18	2.88%
Agustus 2018	3.20%
Juli 2018	3.18%
Juni 2018	3.12%
Mei 2018	3.23%
Apr-18	3.41%
Maret 2018	3.40%
Februari 2018	3.18%
Januari 2018	3.25%
Desember 2017	3.61%
Nopember 2017	3.30%
Oktober 2017	3.58%
Sep-17	3.72%
Agustus 2017	3.82%
Juli 2017	3.88%
Juni 2017	4.37%
Mei 2017	4.33%
Apr-17	4.17%
Maret 2017	3.61%
Februari 2017	3.83%
Januari 2017	3.49%
Rata-rata	3.44%

biaya inflasi 3.28% dari biaya pembangunan awal

biaya inflasi = Rp 14,857,815.06

Fix cost = Harga item + biaya konversi + biaya inflasi
= Rp 489,803,060.20

loan = 70%
= Rp 342,862,142.14

interest = 12.5%
= Rp 42,857,767.77 pertahun

total Pengeluaran= Rp 120,851,015.40 pertahun

term of loan= 10 thn
interest 5th = Rp 428,577,677.68

Motor Torqeedo Baterai Torqeedo

No	Harga Sewa	NPV Positif	
		Tahun ke-	Nilai
1	Rp 500,000.00	-	-
2	Rp 550,000.00	-	-
3	Rp 600,000.00	-	-
4	Rp 650,000.00	-	-
5	Rp 700,000.00	-	-
6	Rp 750,000.00	-	-
7	Rp 800,000.00	-	-
8	Rp 850,000.00	-	-
9	Rp 900,000.00	-	-
10	Rp 950,000.00	-	-
11	Rp 1,000,000.00	17	Rp 2,534,934.11
12	Rp 1,050,000.00	13	Rp 16,473,420.88
13	Rp 1,100,000.00	10	Rp 10,407,842.56
14	Rp 1,150,000.00	9	Rp 32,778,673.65
15	Rp 1,200,000.00	7	Rp 2,323,943.19
16	Rp 1,250,000.00	7	Rp 45,450,031.94
17	Rp 1,300,000.00	6	Rp 32,124,533.71
18	Rp 1,350,000.00	5	Rp 2,797,954.44
19	Rp 1,400,000.00	5	Rp 36,979,410.51
20	Rp 1,450,000.00	5	Rp 71,160,866.59
21	Rp 1,500,000.00	4	Rp 12,586,510.94

Motor EZ Outboard, Baterai Trojan T 1275

No	Harga Sewa	NPV Positif	
		Tahun ke-	Nilai
1	Rp 500,000.00		Rp -
2	Rp 550,000.00		Rp -
3	Rp 600,000.00		Rp -
4	Rp 650,000.00	11	Rp 687,169.52
5	Rp 700,000.00	6	Rp 7,389,548.82
6	Rp 750,000.00	4	Rp 6,954,901.29
7	Rp 800,000.00	3	Rp 6,378,517.76
8	Rp 850,000.00	3	Rp 29,239,423.11
9	Rp 900,000.00	2	Rp 5,506,217.97
10	Rp 950,000.00	2	Rp 21,624,736.49
11	Rp 1,000,000.00	2	Rp 37,743,255.01
12	Rp 1,050,000.00	2	Rp 53,861,773.53
13	Rp 1,100,000.00	2	Rp 69,980,292.05
14	Rp 1,150,000.00	2	Rp 86,098,810.57
15	Rp 1,200,000.00	1	Rp 4,287,843.68
16	Rp 1,250,000.00	1	Rp 12,821,177.01
17	Rp 1,300,000.00	1	Rp 21,354,510.35
18	Rp 1,350,000.00	1	Rp 29,887,843.68
19	Rp 1,400,000.00	1	Rp 38,421,177.01
20	Rp 1,450,000.00	1	Rp 46,954,510.35
21	Rp 1,500,000.00	1	Rp 55,487,843.68

Motor Torqeedo, Baterai Trojan

No	Harga Sewa	NPV Positif	
		Tahun ke-	Nilai
1	Rp 500,000.00	-	Rp -
2	Rp 550,000.00	-	Rp -
3	Rp 600,000.00	-	Rp -
4	Rp 650,000.00	-	Rp -
5	Rp 700,000.00	-	Rp -
6	Rp 750,000.00	-	Rp -
7	Rp 800,000.00	12	Rp 8,528,276.26
8	Rp 850,000.00	8	Rp 11,628,062.61
9	Rp 900,000.00	6	Rp 11,650,070.60
10	Rp 950,000.00	5	Rp 17,930,822.68
11	Rp 1,000,000.00	4	Rp 10,069,350.78
12	Rp 1,050,000.00	4	Rp 38,923,488.87
13	Rp 1,100,000.00	3	Rp 8,492,867.51
14	Rp 1,150,000.00	3	Rp 31,353,772.86
15	Rp 1,200,000.00	3	Rp 54,214,678.21
16	Rp 1,250,000.00	3	Rp 77,075,583.56
17	Rp 1,300,000.00	2	Rp 6,271,587.20
18	Rp 1,350,000.00	2	Rp 22,390,105.72
19	Rp 1,400,000.00	2	Rp 38,508,624.24
20	Rp 1,450,000.00	2	Rp 54,627,142.76
21	Rp 1,500,000.00	2	Rp 70,745,661.28

Motor EZ Outboard, Baterai Lithium

No	Harga Sewa	NPV Positif	
		Tahun ke-	Nilai
1	Rp 500,000.00		Rp -
2	Rp 550,000.00		Rp -
3	Rp 600,000.00		Rp -
4	Rp 650,000.00		Rp -
5	Rp 700,000.00		Rp -
6	Rp 750,000.00	10	Rp 154,796.66
7	Rp 800,000.00	7	Rp 10,348,231.84
8	Rp 850,000.00	5	Rp 6,197,499.38
9	Rp 900,000.00	4	Rp 6,894,118.95
10	Rp 950,000.00	4	Rp 35,748,257.04
11	Rp 1,000,000.00	3	Rp 14,945,488.58
12	Rp 1,050,000.00	3	Rp 37,806,393.93
13	Rp 1,100,000.00	3	Rp 60,667,299.28
14	Rp 1,150,000.00	2	Rp 7,437,024.28
15	Rp 1,200,000.00	2	Rp 23,555,542.79
16	Rp 1,250,000.00	2	Rp 39,674,061.31
17	Rp 1,300,000.00	2	Rp 55,792,579.83
18	Rp 1,350,000.00	2	Rp 71,911,098.35
19	Rp 1,400,000.00	2	Rp 88,029,616.87
20	Rp 1,450,000.00	2	Rp 104,148,135.39
21	Rp 1,500,000.00	2	Rp 120,266,653.91

	Kapal Eksis	Konversi 1	Konversi 2	Konversi 3	Konversi 4
Biaya Investasi	Rp -	Rp 489,803,060.20	Rp 105,882,827.40	Rp 217,646,068.44	Rp 174,468,453.77
Biaya Operasi	Rp 20,160,000.00	Rp 77,993,247.64	Rp 97,193,247.64	Rp 97,193,247.64	Rp 97,193,247.64
NPV tahun ke-	-	10	6	8	10
Harga sewa	Rp 600,000.00	Rp 1,100,000.00	Rp 700,000.00	Rp 850,000.00	Rp 750,000.00
Pendapatan	Rp 37,440,000.00	Rp 90,348,984.60	Rp 27,942,004.97	Rp 46,962,721.37	Rp 31,540,762.66

- Konversi 1 = Motor Torqeedo dan baterai Litihum
Konversi 2 = Motor EZ outboard dan baterai trojan AGM
Konversi 3 = Motor Torqeedo dan Baterai trojan AGM
Konversi 4 = Motor Ez outboard dan baterai lithium

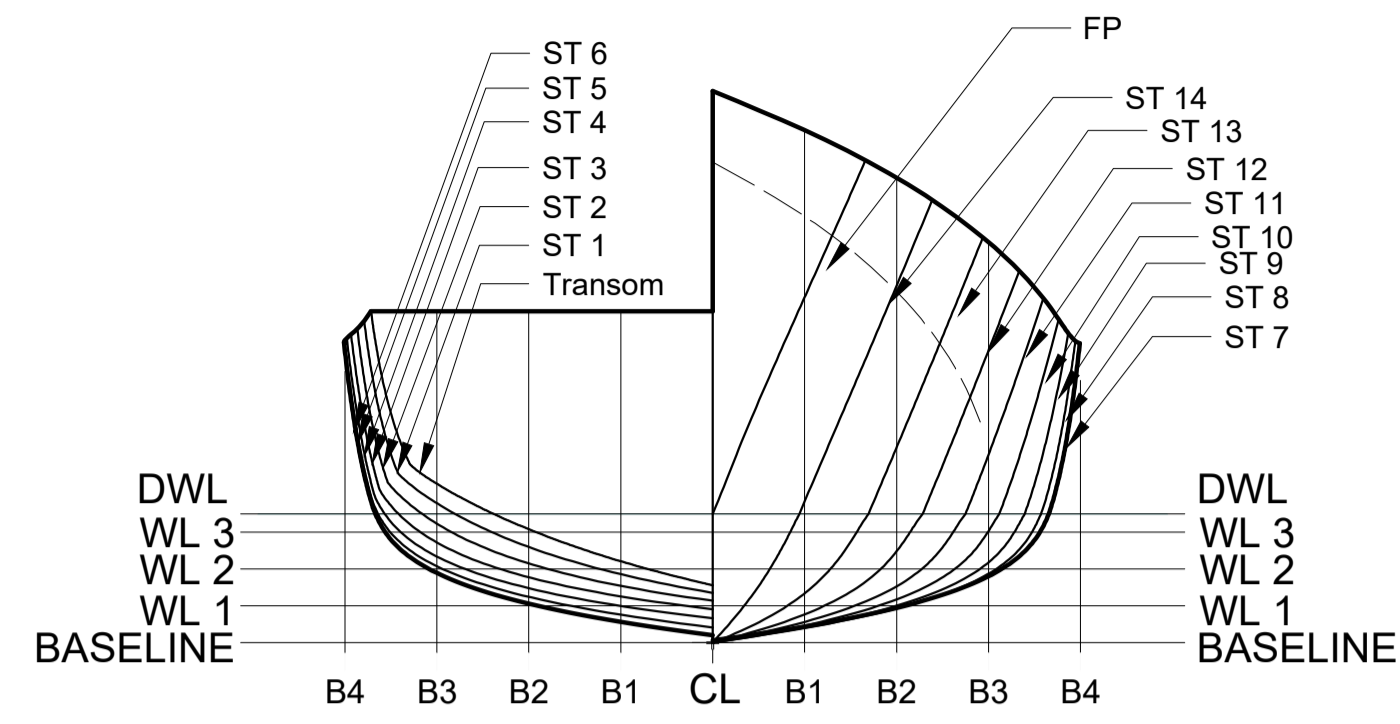
note :

- Pendapatan pada kapal eksis tanpa pengurangan untuk kru
- Pendapatan Kapal Konversi tidak termasuk biaya untuk investasi awal
- Pendapatan kapal Konversi sudah diluar dari biaya kru dan keuntungan kecuali konversi 1
- Pendapatan kapal Konversi 1 tidak termasuk keuntungan yang didapat

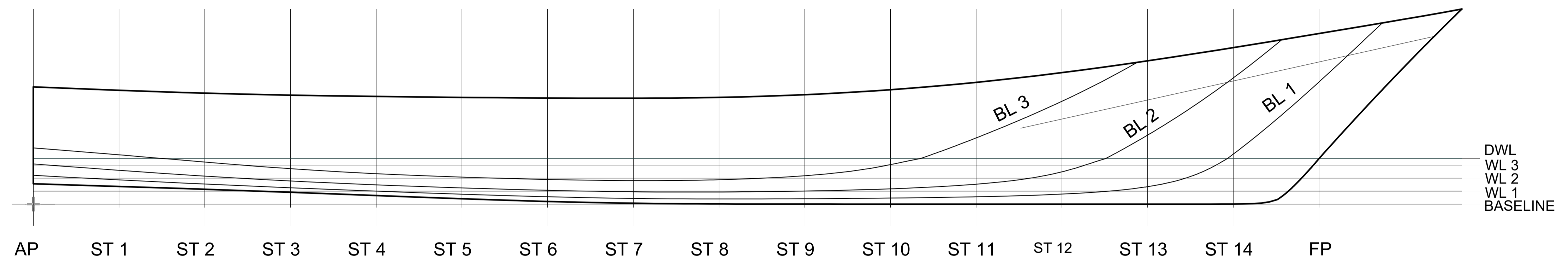
	Fix Cost	Pinjaman	Bungan Pinjaman
konversi 1	Rp 489,803,060.20	Rp 342,862,142.14	Rp 42,857,767.77
konversi 2	Rp 105,882,827.40	Rp 74,117,979.18	Rp 9,264,747.40
konversi 3	Rp 217,646,068.44	Rp 152,352,247.91	Rp 19,044,030.99
konversi 4	Rp 174,468,453.77	Rp 122,127,917.64	Rp 15,265,989.70

LAMPIRAN C
GAMBAR RENCANA GARIS KAPAL TRADISIONAL DAN
RENCANA UMUM SEBELUM KONVERSI

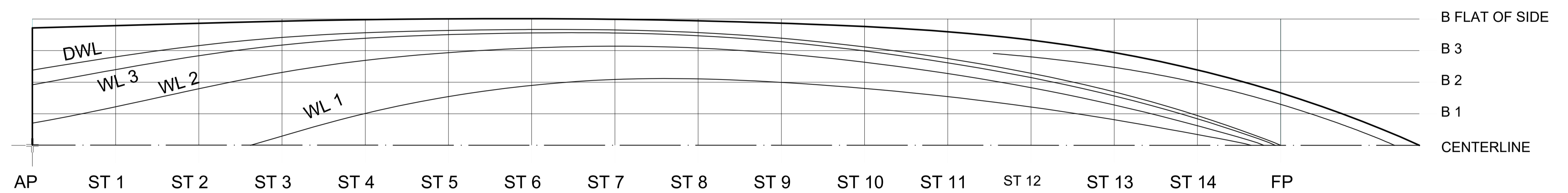
BODY PLAN



SHEER PLAN



HALF BREADTH PLAN



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	BULK CARRIER
LENGTH OVERALL (Loa)	11 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	9.9 m
BREADTH (B)	2 m
HEIGHT (H)	0.7 m
DRAUGHT (T)	0.35 m
SERVICE SPEED (Vs)	6 knot
PASSANGERS	12 Persons



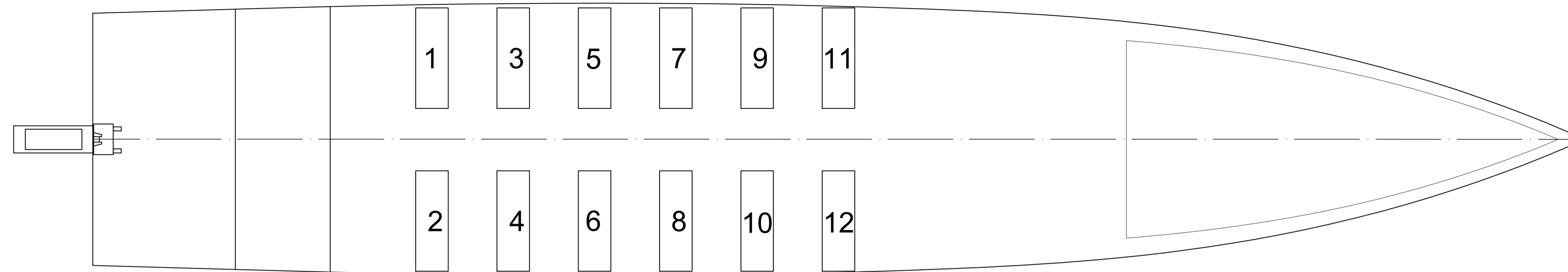
DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

HANUM KIKI

LINES PLAN

SCALE	1 : 20	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Khalis Abrar			4115100060
APPROVE	Ahmad Nasirudin, S.T., M. Eng. Danu Utama, S.T., M.T.			A1

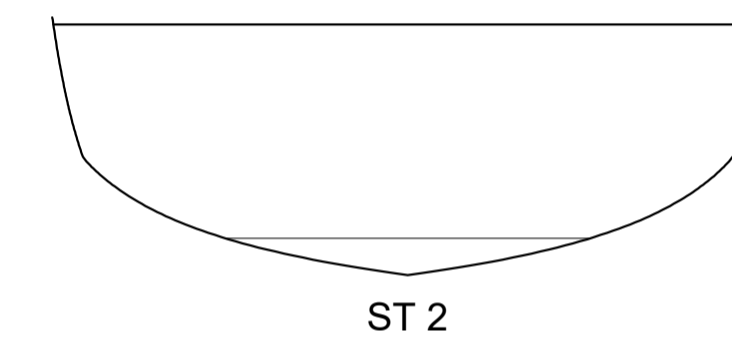
TOP VIEW



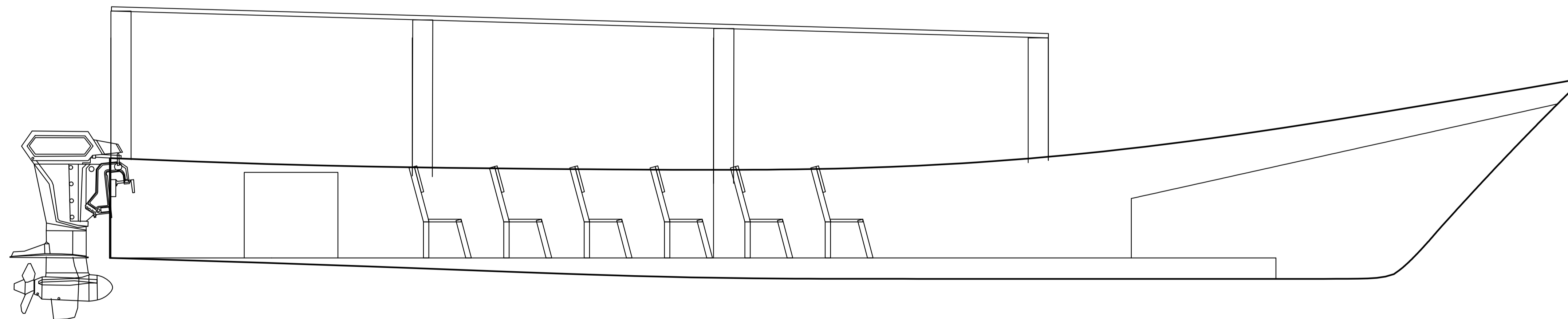
ROOF VIEW



STERN STORAGE FRONT VIEW

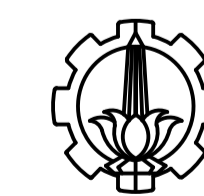


SIDE VIEW



PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	BULK CARRIER
LENGTH OVERALL (Loa)	11 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	9.9 m
BREADTH (B)	2 m
HEIGHT (H)	0.7 m
DRAUGHT (T)	0.35 m
SERVICE SPEED (Vs)	6 knot
PASSANGERS	12 Persons



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

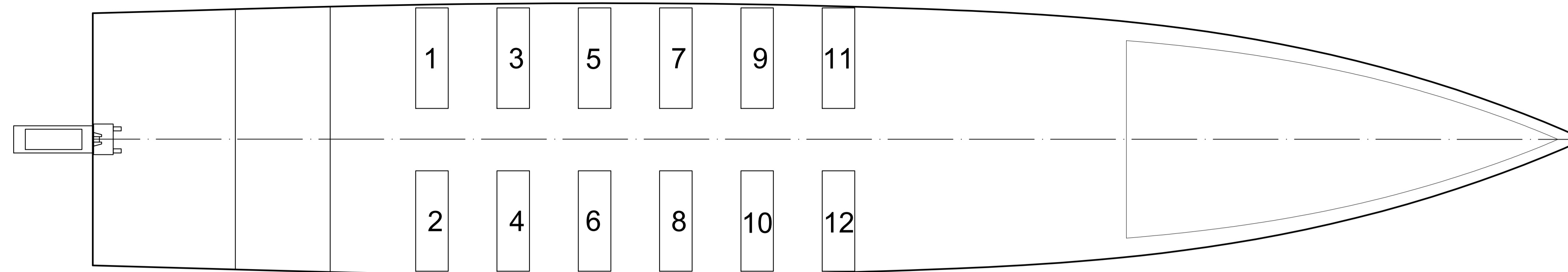
HAMUM KIKI

GENERAL ARRANGEMENT

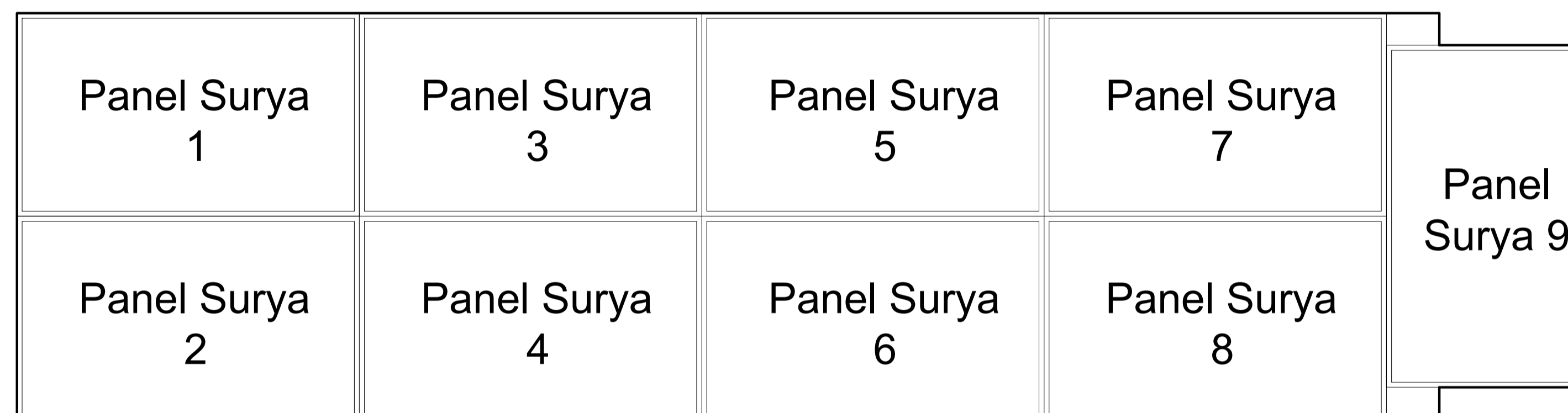
SCALE	1 : 20	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Khalis Abrar			4115100060
APPROVE	Ahmad Nasirudin, S.T., M. Eng. Danu Utama, S.T., M.T.			A1

LAMPIRAN D
GAMBAR RENCANA UMUM KAPAL TRADISIONAL
SETELAH KONVERSI

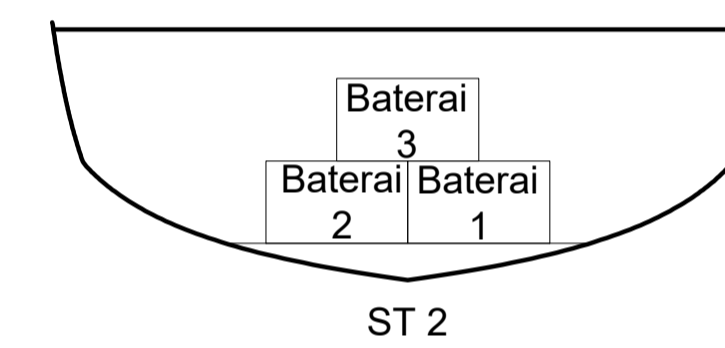
TOP VIEW



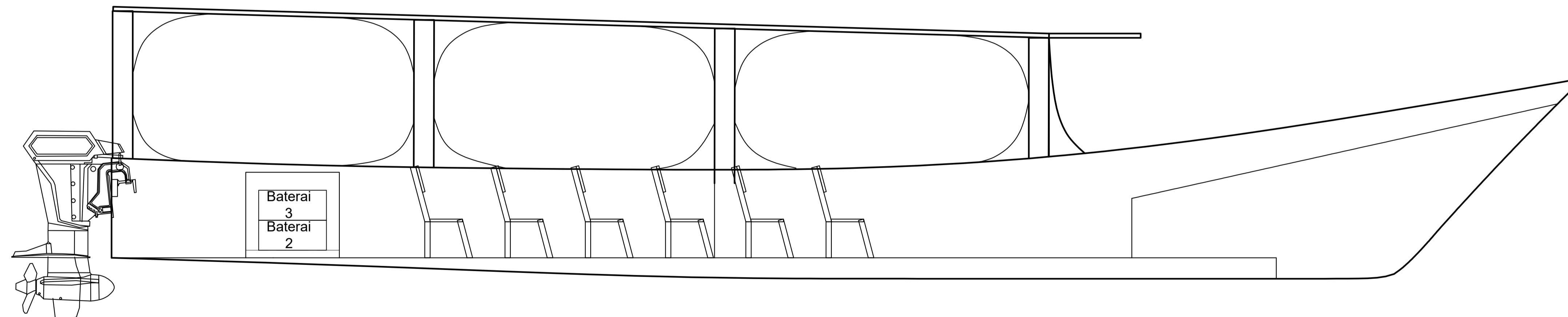
ROOF VIEW



STERN STORAGE FRONT VIEW

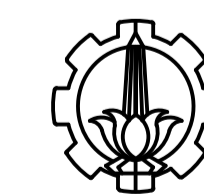


SIDE VIEW



PRINCIPAL DIMENSIONS

SHIP TYPE	BULK CARRIER
LENGTH OVERALL (Loa)	11 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	9.9 m
BREADTH (B)	2 m
HEIGHT (H)	0.7 m
DRAUGHT (T)	0.35 m
SERVICE SPEED (Vs)	6 knot
PASSANGERS	12 Persons



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

HAMUM KIKI

GENERAL ARRANGEMENT

SCALE	1 : 20	SIGNATURE	DATE	REMARKS
DRAWN	Khalis Abrar			4115100060
APPROVE	Ahmad Nasirudin, S.T., M. Eng. Danu Utama, S.T., M.T.			A1

LAMPIRAN E
GAMBAR MODEL 3D KAPAL TRADISIONAL





LAMPIRAN F
KITERIA STABILITAS

Pengecekan Stabilitas US Coast Guard untuk Kapal kecil, *open boat*

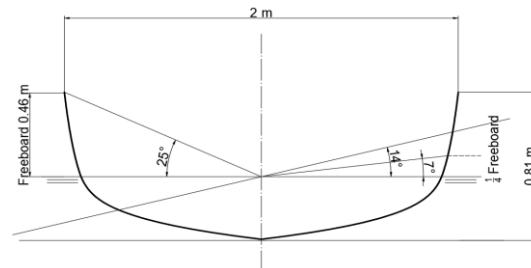
weather criteria (170.170)

GM= PAH/W tan T
 P= $0.036+(L/1309)^2$
 L = LBP = 9.9
 A= 6.11 m²
 H= 0.4
 t = 7
 GM= 0.676116

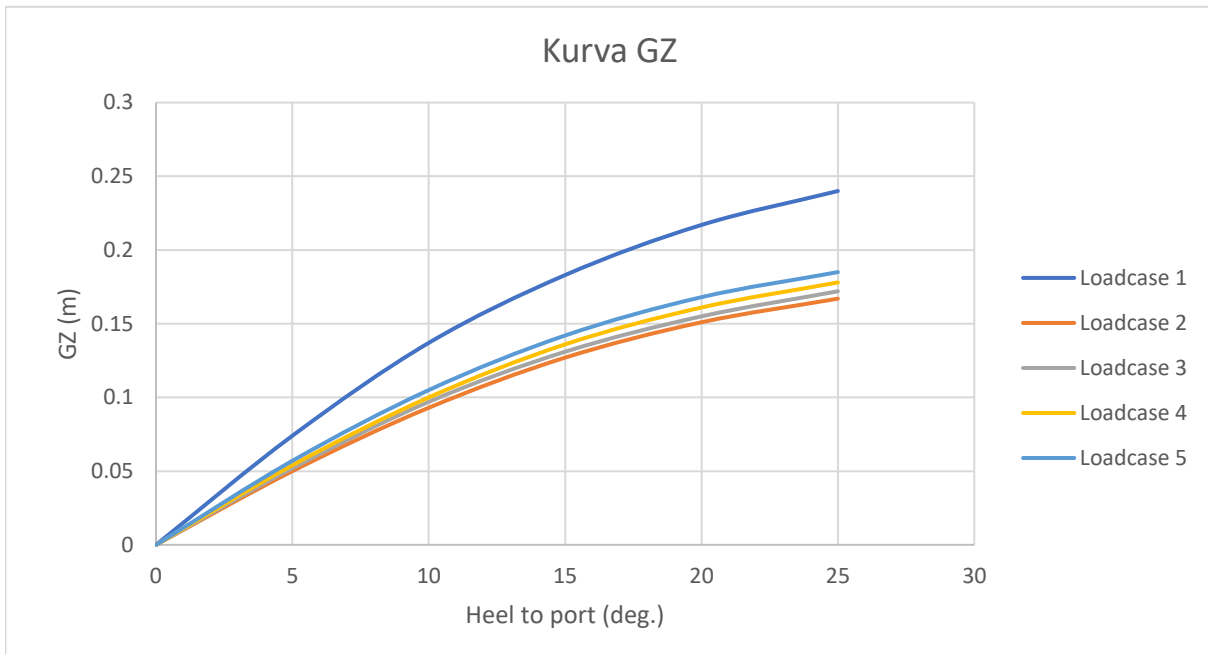
Passenger criteria (171.050)

GM = $[(W/disp)(2/3)(b)]/\tan T$
 0
 0.489171683
 0.397819634
 0.306974404
 0.218914226

No	Kondisi	W (ton)	LBP	A (m ²)	H (m)	GM 170.170	GM 171.050	Gm (m)	status
1	loadcase 1	0	9.81	6.99	0.409	0.274	0.000	0.875	Diterima
2	loadcase 2	1.06152	9.9	6.11	0.409	0.255	0.489	0.593	Diterima
3	loadcase 3	0.91152	9.88	6.34	0.409	0.279	0.398	0.613	Diterima
4	loadcase 4	0.76152	9.87	6.45	0.409	0.300	0.307	0.638	Diterima
5	loadcase 5	0.61152	9.86	6.55	0.409	0.323	0.219	0.669	Diterima



sudut	ldcse 1	ldcse 2	ldcse 3	ldcse 4	ldcse 5
-25	-0.241	-0.168	-0.172	-0.178	-0.185
-20	-0.217	-0.151	-0.155	-0.161	-0.168
-15	-0.184	-0.127	-0.131	-0.136	-0.142
-10	-0.137	-0.093	-0.097	-0.101	-0.105
-5	-0.074	-0.05	-0.052	-0.054	-0.057
0	0	0	0	0	0
5	0.074	0.05	0.052	0.054	0.057
10	0.137	0.093	0.097	0.1	0.105
15	0.183	0.127	0.131	0.136	0.142
20	0.217	0.151	0.155	0.161	0.168
25	0.24	0.167	0.172	0.178	0.185



loadcase 1

	heel to port deg.	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1	GZ m	-0.241	-0.217	-0.184	-0.137	-0.074	0	0.074	0.137	0.183	0.217	0.24
2	Area under GZ curve from zero heel m.deg	3.6842	2.5375	1.5303	0.722	0.188	0	0.188	0.7216	1.5284	2.534	3.6792
3	Displacement t	1.821	1.821	1.821	1.821	1.821	1.821	1.821	1.821	1.821	1.821	1.821
4	Draft at FP m	0.162	0.176	0.185	0.19	0.192	0.193	0.192	0.19	0.185	0.176	0.162
5	Draft at AP m	0.138	0.185	0.223	0.251	0.268	0.274	0.268	0.251	0.223	0.186	0.139
6	WL Length m	9.79	9.743	9.752	9.757	9.76	9.761	9.76	9.757	9.752	9.743	9.79
7	Beam max extents on WL m	1.376	1.427	1.5	1.593	1.695	1.735	1.695	1.593	1.5	1.427	1.376
8	Wetted Area m^2	12.247	12.516	12.88	13.277	13.615	13.764	13.615	13.272	12.859	12.492	12.224
9	Waterpl. Area m^2	10.689	11.022	11.502	12.054	12.545	12.738	12.545	12.039	11.496	11.025	10.691
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.629	0.639	0.643	0.644	0.643	0.643	0.643	0.644	0.643	0.638	0.628
11	Block coeff. (Cb)	0.426	0.452	0.472	0.46	0.422	0.409	0.422	0.46	0.472	0.452	0.426
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4.639	4.637	4.635	4.634	4.634	4.633	4.634	4.634	4.635	4.637	4.638
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4.464	4.435	4.401	4.38	4.37	4.365	4.37	4.38	4.402	4.435	4.464
14	Max deck inclination deg	25.0003	20.0001	15.0015	10.006	5.019	0.4672	5.019	10.006	15.0015	20.0001	25.0003
15	Trim angle (+ve by stern) deg	-0.136	0.0569	0.2231	0.3538	0.4381	0.4672	0.4381	0.3537	0.2231	0.0588	-0.1346

loadcase 2

	heel to port deg.	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1	GZ m	-0.168	-0.151	-0.127	-0.093	-0.05	0	0.05	0.093	0.127	0.151	0.167
2	Area under GZ curve from zero heel m.deg	2.543	1.7443	1.0453	0.4903	0.1273	0	0.1267	0.4884	1.0421	1.7399	2.5375
3	Displacement t	3.009	3.009	3.009	3.009	3.009	3.009	3.009	3.009	3.009	3.009	3.009
4	Draft at FP m	0.24	0.251	0.258	0.262	0.262	0.262	0.262	0.262	0.258	0.251	0.24
5	Draft at AP m	0.274	0.31	0.337	0.356	0.367	0.371	0.367	0.356	0.338	0.31	0.274
6	WL Length m	9.804	9.814	9.821	9.824	9.825	9.825	9.825	9.824	9.821	9.814	9.804
7	Beam max extents on WL m	1.575	1.629	1.699	1.772	1.827	1.858	1.827	1.772	1.699	1.629	1.575
8	Wetted Area m^2	15.127	15.365	15.666	15.976	16.206	16.253	16.189	15.952	15.643	15.342	15.104
9	Waterpl. Area m^2	12.597	12.91	13.331	13.793	14.196	14.374	14.184	13.795	13.333	12.912	12.598
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.691	0.693	0.694	0.692	0.69	0.688	0.689	0.692	0.694	0.693	0.691
11	Block coeff. (Cb)	0.466	0.486	0.504	0.514	0.494	0.481	0.494	0.514	0.504	0.486	0.466
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4.433	4.432	4.431	4.43	4.43	4.429	4.43	4.43	4.431	4.432	4.433
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4.429	4.395	4.358	4.319	4.283	4.273	4.283	4.319	4.358	4.394	4.429
14	Max deck inclination deg	25.0006	20.0025	15.0064	10.0144	5.0363	0.6288	5.0363	10.0144	15.0064	20.0025	25.0006
15	Trim angle (+ve by stern) deg	0.1945	0.3403	0.4583	0.5474	0.6065	0.6288	0.6064	0.5477	0.4587	0.3407	0.1947

loadcase 3

	heel to port deg.	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1	GZ m	-0.172	-0.155	-0.131	-0.097	-0.052	0	0.052	0.097	0.131	0.155	0.172
2	Area under GZ curve from zero heel m.deg	2.6236	1.8029	1.0825	0.5084	0.132	0	0.1316	0.5067	1.0794	1.7984	2.6181
3	Displacement t	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841	2.841
4	Draft at FP m	0.251	0.261	0.267	0.27	0.271	0.271	0.271	0.27	0.268	0.261	0.251
5	Draft at AP m	0.239	0.278	0.307	0.328	0.34	0.345	0.34	0.328	0.307	0.278	0.239
6	WL Length m	9.813	9.823	9.829	9.831	9.832	9.832	9.832	9.831	9.829	9.823	9.813
7	Beam max extents on WL m	1.551	1.605	1.675	1.751	1.811	1.845	1.811	1.751	1.675	1.605	1.551
8	Wetted Area m^2	14.769	15.01	15.321	15.652	15.89	15.943	15.88	15.629	15.298	14.987	14.746
9	Waterpl. Area m^2	12.366	12.68	13.108	13.593	14.009	14.177	13.995	13.593	13.11	12.682	12.368
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.681	0.684	0.685	0.684	0.681	0.679	0.681	0.684	0.685	0.684	0.681
11	Block coeff. (Cb)	0.46	0.48	0.498	0.491	0.468	0.458	0.468	0.491	0.498	0.48	0.46
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4.55	4.549	4.548	4.547	4.546	4.546	4.546	4.546	4.547	4.549	4.55
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4.471	4.435	4.395	4.353	4.32	4.312	4.319	4.354	4.395	4.435	4.471
14	Max deck inclination deg	25.0001	20.0002	15.0016	10.0053	5.0161	0.4287	5.0161	10.0053	15.0016	20.0002	25.0001
15	Trim angle (+ve by stern) deg	-0.0694	0.0947	0.2293	0.3331	0.4038	0.4287	0.4034	0.3336	0.2298	0.0952	-0.0687

loadcase 4

	heel to port deg.	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1	GZ m	-0.178	-0.161	-0.136	-0.101	-0.054	0	0.054	0.1	0.136	0.161	0.178
2	Area under GZ curve from zero heel m.deg	2.7213	1.8725	1.126	0.5296	0.1376	0	0.1373	0.528	1.123	1.8682	2.7161
3	Displacement t	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673	2.673
4	Draft at FP m	0.254	0.264	0.27	0.272	0.272	0.272	0.273	0.272	0.27	0.264	0.254
5	Draft at AP m	0.209	0.25	0.282	0.304	0.318	0.322	0.318	0.304	0.282	0.25	0.209
6	WL Length m	9.816	9.825	9.831	9.833	9.833	9.833	9.833	9.833	9.831	9.825	9.816
7	Beam max extents on WL m	1.526	1.579	1.65	1.73	1.795	1.832	1.795	1.73	1.651	1.579	1.526
8	Wetted Area m^2	14.394	14.637	14.958	15.307	15.55	15.615	15.545	15.286	14.935	14.614	14.371
9	Waterpl. Area m^2	12.122	12.436	12.871	13.379	13.799	13.963	13.781	13.377	12.874	12.438	12.123
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.672	0.675	0.676	0.675	0.672	0.671	0.672	0.675	0.676	0.675	0.672
11	Block coeff. (Cb)	0.454	0.474	0.492	0.466	0.443	0.432	0.443	0.466	0.492	0.474	0.454
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4.643	4.642	4.64	4.639	4.638	4.638	4.638	4.639	4.64	4.641	4.642
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4.504	4.466	4.425	4.38	4.353	4.346	4.352	4.381	4.425	4.466	4.503
14	Max deck inclination deg	25.001	20.0001	15.0001	10.0016	5.0068	0.2887	5.0068	10.0016	15.0001	20.0001	25.001
15	Trim angle (+ve by stern) deg	-0.2605	-0.0817	0.0671	0.1835	0.262	0.2887	0.2614	0.1835	0.0675	-0.0805	-0.2569

loadcase 5

	heel to port deg.	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25
1	GZ m	-0.185	-0.168	-0.142	-0.105	-0.057	0	0.057	0.105	0.142	0.168	0.185
2	Area under GZ curve from zero heel m.deg	2.843	1.958	1.1789	0.5551	0.1444	0	0.1442	0.5539	1.1761	1.9539	2.8379
3	Displacement t	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505	2.505
4	Draft at FP m	0.25	0.26	0.266	0.268	0.268	0.268	0.268	0.268	0.266	0.26	0.25
5	Draft at AP m	0.185	0.228	0.261	0.285	0.3	0.305	0.3	0.285	0.261	0.228	0.185
6	WL Length m	9.812	9.821	9.826	9.829	9.829	9.829	9.829	9.829	9.826	9.821	9.812
7	Beam max extents on WL m	1.5	1.553	1.624	1.707	1.778	1.817	1.778	1.707	1.625	1.553	1.5
8	Wetted Area m^2	14.002	14.249	14.579	14.939	15.194	15.272	15.191	14.922	14.556	14.227	13.979
9	Waterpl. Area m^2	11.863	12.18	12.624	13.144	13.578	13.738	13.559	13.141	12.626	12.182	11.865
10	Prismatic coeff. (Cp)	0.663	0.666	0.668	0.667	0.665	0.663	0.664	0.667	0.668	0.666	0.662
11	Block coeff. (Cb)	0.448	0.469	0.486	0.45	0.426	0.415	0.426	0.449	0.486	0.468	0.448
12	LCB from zero pt. (+ve fwd) m	4.708	4.706	4.704	4.703	4.702	4.702	4.702	4.703	4.704	4.705	4.707
13	LCF from zero pt. (+ve fwd) m	4.523	4.486	4.444	4.401	4.38	4.372	4.377	4.403	4.444	4.486	4.523
14	Max deck inclination deg	25.0022	20.0007	15	10.0005	5.0033	0.2118	5.0033	10.0005	15	20.0007	25.0021
15	Trim angle (+ve by stern) deg	-0.3752	-0.185	-0.0258	0.1002	0.1838	0.2118	0.1832	0.0999	-0.0254	-0.1837	-0.3726

LAMPIRAN G
BROSUR

Q.PEAK DUO-G5 305-330

Q.ANTUM SOLAR MODULE

The new **Q.PEAK DUO-G5** solar module from Q CELLS impresses thanks to innovative **Q.ANTUM DUO** Technology, which enables particularly high performance on a small surface. **Q.ANTUM**'s world-record-holding cell concept has now been combined with state-of-the-art circuitry half cells and a six-busbar design, thus achieving outstanding performance under real conditions - both with low-intensity solar radiation as well as on hot, clear summer days.



Q.ANTUM TECHNOLOGY: LOW LEVELIZED COST OF ELECTRICITY

Higher yield per surface area, lower BOS costs, higher power classes, and an efficiency rate of up to 19.9%.



INNOVATIVE ALL-WEATHER TECHNOLOGY

Optimal yields, whatever the weather with excellent low-light and temperature behavior.



ENDURING HIGH PERFORMANCE

Long-term yield security with Anti LID and Anti PID Technology¹, Hot-Spot Protect and Traceable Quality Tra.Q™.



EXTREME WEATHER RATING

High-tech aluminum alloy frame, certified for high snow (5400 Pa) and wind loads (4000 Pa) regarding IEC.



A RELIABLE INVESTMENT

Inclusive 12-year product warranty and 25-year linear performance guarantee².



STATE OF THE ART MODULE TECHNOLOGY

Q.ANTUM DUO combines cutting edge cell separation and innovative wiring with Q.ANTUM Technology.



THE IDEAL SOLUTION FOR:



Rooftop arrays on residential buildings



Rooftop arrays on commercial/industrial buildings

Engineered in **Germany**

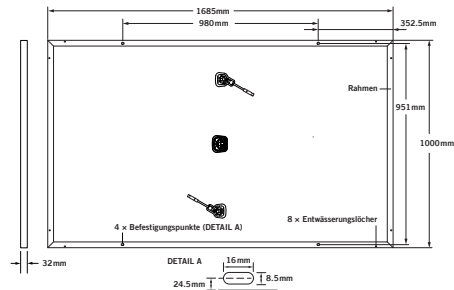
Q CELLS

¹ APT test conditions according to IEC/TS 62804-1:2015, method B (-1500V, 168 h)

² See data sheet on rear for further information.

MECHANICAL SPECIFICATION

Format	66.3 in × 39.4 in × 1.26 in (including frame) (1685 mm × 1000 mm × 32 mm)
Weight	41.2 lbs (18.7 kg)
Front Cover	0.13 in (3.2 mm) thermally pre-stressed glass with anti-reflection technology
Back Cover	Composite film
Frame	Black anodized aluminum
Cell	6 × 20 monocrystalline Q.ANTUM solar half-cells
Junction box	2.76-3.35 in × 1.97-2.76 in × 0.51-0.83 in (70-85 mm × 50-70 mm × 13-21 mm), decentralized, IP67
Cable	4 mm ² Solar cable; (+) ≥ 43.3 in (1100 mm), (-) ≥ 43.3 in (1100 mm)
Connector	Multi-Contact MC4, IP65 and IP68



ELECTRICAL CHARACTERISTICS

POWER CLASS			305	310	315	320	325	330
MINIMUM PERFORMANCE AT STANDARD TEST CONDITIONS, STC¹ (POWER TOLERANCE +5W / -0W)								
Minimum	Power at MPP²	P_{MPP} [W]	305	310	315	320	325	330
	Short Circuit Current*	I_{SC} [A]	9.93	9.98	10.04	10.09	10.14	10.20
	Open Circuit Voltage*	V_{OC} [V]	39.35	39.61	39.87	40.13	40.40	40.66
	Current at MPP*	I_{MPP} [A]	9.44	9.50	9.55	9.60	9.66	9.71
	Voltage at MPP*	V_{MPP} [V]	32.30	32.64	32.98	33.32	33.65	33.98
	Efficiency²	η [%]	≥18.1	≥18.4	≥18.7	≥19.0	≥19.3	≥19.6
MINIMUM PERFORMANCE AT NORMAL OPERATING CONDITIONS, NOC³								
Minimum	Power at MPP²	P_{MPP} [W]	226.0	229.7	233.4	237.2	240.9	244.6
	Short Circuit Current*	I_{SC} [A]	8.00	8.05	8.09	8.14	8.18	8.22
	Open Circuit Voltage*	V_{OC} [V]	36.80	37.05	37.30	37.54	37.79	38.04
	Current at MPP*	I_{MPP} [A]	7.43	7.47	7.51	7.56	7.60	7.64
	Voltage at MPP*	V_{MPP} [V]	30.43	30.75	31.07	31.39	31.70	32.01

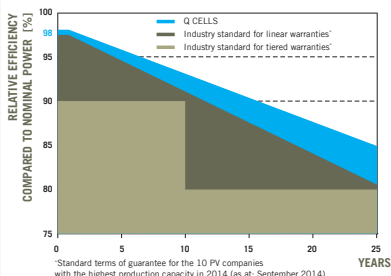
¹1000W/m², 25°C, spectrum AM 1.5G

² Measurement tolerances STC ±3%; NOC ±5%

³ 800W/m², NOCT, spectrum AM 1.5G

* typical values, actual values may differ

Q CELLS PERFORMANCE WARRANTY

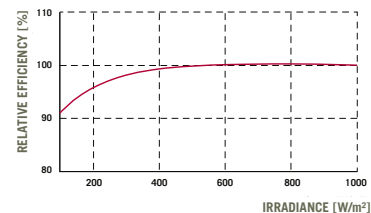


At least 98% of nominal power during first year. Thereafter max. 0.54% degradation per year. At least 93.1% of nominal power up to 10 years. At least 85% of nominal power up to 25 years.

All data within measurement tolerances. Full warranties in accordance with the warranty terms of the Q CELLS sales organization of your respective country.

*Standard terms of guarantee for the 10 PV companies with the highest production capacity in 2014 (as at: September 2014)

PERFORMANCE AT LOW IRRADIANCE



Typical module performance under low irradiance conditions in comparison to STC conditions (25°C, 1000W/m²).

TEMPERATURE COEFFICIENTS

Temperature Coefficient of I_{SC}	α	[%/K]	+0.04	Temperature Coefficient of V_{OC}	β	[%/K]	-0.28
Temperature Coefficient of P_{MPP}	γ	[%/K]	-0.37	Normal Operating Cell Temperature	NOCT	[°F]	113 ± 5.4 (45 ± 3°C)

PROPERTIES FOR SYSTEM DESIGN

Maximum System Voltage V_{sys}	[V]	1000 (IEC) / 1000 (UL)	Safety Class	II
Maximum Series Fuse Rating	[A DC]	20	Fire Rating	C (IEC) / TYPE 1 (UL)
Design load, push (UL)²	[lbs/ft²]	75 (3600 Pa)	Permitted module temperature on continuous duty	-40°F up to +185°F (-40°C up to +85°C)
Design load, pull (UL)²	[lbs/ft²]	55.6 (2666 Pa)	² see installation manual	

QUALIFICATIONS AND CERTIFICATES

UL 1703; VDE Quality Tested; CE-compliant; IEC 61215 (Ed.2); IEC 61730 (Ed.1) application class A



PACKAGING INFORMATION

Number of Modules per Pallet	32
Number of Pallets per 53' Trailer	30
Number of Pallets per 40' High Cube Container	26
Pallet Dimensions (L × W × H)	69.3 in × 45.3 in × 46.9 in (1760 mm × 1150 mm × 1190 mm)
Pallet Weight	1415 lbs (642 kg)

NOTE: Installation instructions must be followed. See the installation and operating manual or contact our technical service department for further information on approved installation and use of this product.

Hanwha Q CELLS America Inc.

300 Spectrum Center Drive, Suite 1250, Irvine, CA 92618, USA | [TEL +1 949 748 59 96](tel:+19497485996) | [EMAIL inquiry@us.q-cells.com](mailto:inquiry@us.q-cells.com) | [WEB www.q-cells.us](http://www.q-cells.us)

MODEL **T-1275 with Master Vent**
 VOLTAGE **12**
 MATERIAL **Polypropylene**
 DIMENSIONS **Inches (mm)**
 BATTERY **Deep-Cycle Flooded/Wet Lead-Acid Battery**
 COLOR **Maroon**
 WATERING **HydroLink™ Watering System**



WITH **T₂** TECHNOLOGY



12 VOLT

PHYSICAL SPECIFICATIONS

BCI	MODEL NAME	VOLTAGE	CELL(S)	TERMINAL TYPE ⁶	DIMENSIONS ⁶ INCHES (mm)			WEIGHT ⁶ LBS. (kg)
					LENGTH	WIDTH	HEIGHT ^F	
GC12	T-1275	12	6	1, 2	12.96 (329)	7.13 (181)	11.13 (283)	85 (39)

ELECTRICAL SPECIFICATIONS

CRANKING PERFORMANCE		CAPACITY ^A MINUTES			CAPACITY ^B AMP-HOURS (Ah)				ENERGY (kWh)	INTERNAL RESISTANCE (mΩ)	SHORT CIRCUIT CURRENT (amps)
C.C.A. ^D @ 0°F (-18°C)	C.A. ^E @ 32°F (0°C)	@ 25 Amps	@ 56 Amps	@ 75 Amps	5-Hr	10-Hr	20-Hr	100-Hr	100-Hr	—	—
—	—	280	102	70	120	134	150	166	1.99		

CHARGING INSTRUCTIONS

CHARGER VOLTAGE SETTINGS (AT 77°F/25°C)				
SYSTEM VOLTAGE	12V	24V	36V	48V
Bulk Charge	14.82	29.64	44.46	59.28
Float Charge	13.50	27.00	40.50	54.00
Equalize Charge	16.20	32.40	48.60	64.80

Do not install or charge batteries in a sealed or non-ventilated compartment. Constant under or overcharging will damage the battery and shorten its life as with any battery.

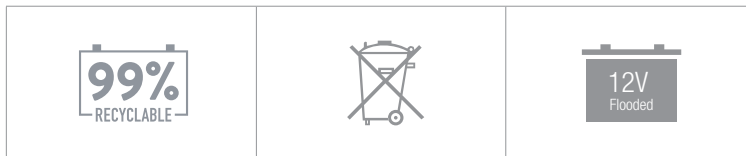
CHARGING TEMPERATURE COMPENSATION

ADD	SUBTRACT
0.005 volt per cell for every 1°C below 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F below 77°F	0.005 volt per cell for every 1°C above 25°C 0.0028 volt per cell for every 1°F above 77°F

OPERATIONAL DATA

OPERATING TEMPERATURE	SELF DISCHARGE
-4°F to 113°F (-20°C to +45°C). At temperatures below 32°F (0°C) maintain a state of charge greater than 60%.	5 – 15% per month depending on storage temperature conditions.

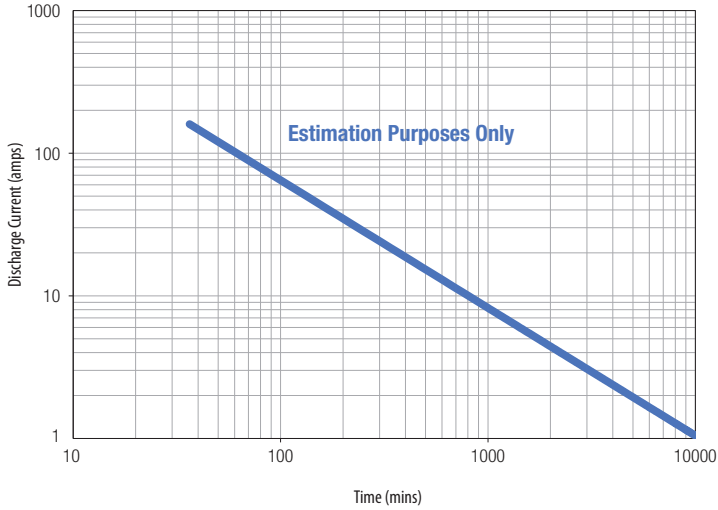
RECYCLE RESPONSIBLY



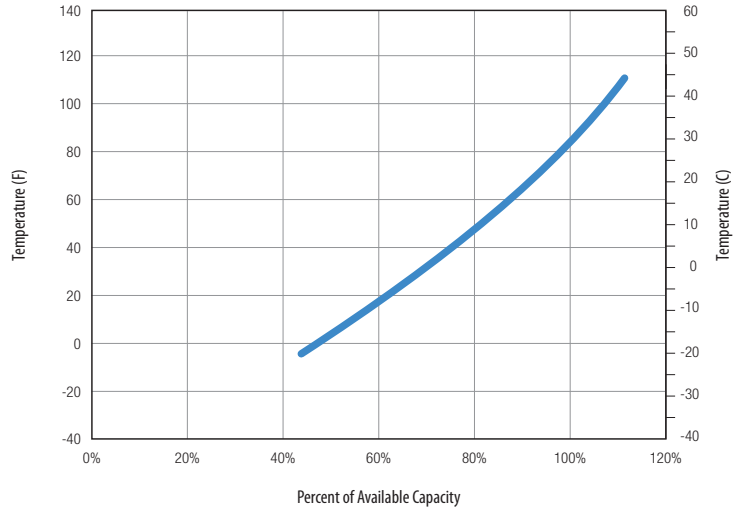
STATE OF CHARGE MEASURE OF OPEN-CIRCUIT VOLTAGE

PERCENTAGE CHARGE	SPECIFIC GRAVITY	CELL	12 VOLT
100	1.277	2.122	12.73
90	1.258	2.103	12.62
80	1.238	2.083	12.50
70	1.217	2.062	12.37
60	1.195	2.040	12.24
50	1.172	2.017	12.10
40	1.148	1.993	11.96
30	1.124	1.969	11.81
20	1.098	1.943	11.66
10	1.073	1.918	11.51

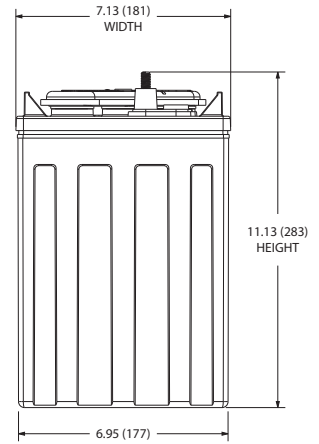
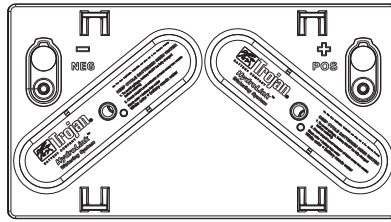
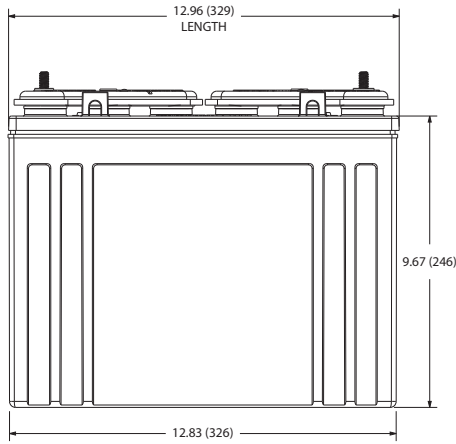
TROJAN T-1275 PERFORMANCE




PERCENT CAPACITY VS. TEMPERATURE




BATTERY DIMENSIONS (shown with EHPT)



TERMINAL CONFIGURATIONS^G

1	ELPT	EMBEDDED LOW PROFILE TERMINAL
	<p>Terminal Height Inches (mm) 1.22 (31)</p> <p>Torque Values in-lb (Nm) 95 – 105 (11 – 12)</p> <p>Bolt 5/16"</p>	

2	EHPT	EMBEDDED HIGH PROFILE TERMINAL
	<p>Terminal Height Inches (mm) 1.50 (38)</p> <p>Torque Values in-lb (Nm) 95 – 105 (11 – 12)</p> <p>Bolt 5/16"</p>	

A. The number of minutes a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
 B. The amount of amp-hours (Ah) a battery can deliver when discharged at a constant rate at 80°F (27°C) and maintain a voltage above 1.75 V/cell. Capacities are based on peak performance.
 C. Dimensions may vary depending on type of handle or terminal. Batteries should be mounted with 0.5 inches (12.7 mm) spacing minimum.
 D. C.C.A. (Cold Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 0°F (-18°C) at a voltage above 1.2 V/cell.

E. C.A. (Cranking Amps) - the discharge load in amperes which a new, fully charged battery can maintain for 30 seconds at 32°F (0°C) at a voltage above 1.2 V/cell. This is sometimes referred to as marine cranking amps @ 32°F or M.C.A. @ 32°F.
 F. Height taken from bottom of the battery to the highest point on the battery. Heights may vary depending on type of terminal.
 G. Terminal images are representative only.
 H. Weight may vary.



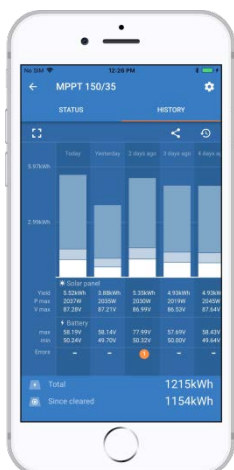
Designed in compliance with applicable BCI, DIN, BS and IEC standards.
 Tested in compliance to BCI and IEC standards.



800.423.6569 / +1.562.236.3000 / trojanbattery.com

SmartSolar Charge Controller MPPT 150/35

[Go to Victron product page](#)



Bluetooth Smart built-in: dongle not needed

The wireless solution to set-up, monitor and update the controller using Apple and Android smartphones, tablets or other devices.

VE.Direct

For a wired data connection to a Color Control panel, Venus GX, PC or other devices

Ultrafast Maximum Power Point Tracking (MPPT)

Especially in case of a clouded sky, when light intensity is changing continuously, an ultra-fast MPPT controller will improve energy harvest by up to 30% compared to PWM charge controllers and by up to 10% compared to slower MPPT controllers.

Advanced Maximum Power Point Detection in case of partial shading conditions

If partial shading occurs, two or more maximum power points may be present on the power-voltage curve. Conventional MPPTs tend to lock to a local MPP, which may not be the optimum MPP.

The innovative BlueSolar algorithm will always maximize energy harvest by locking to the optimum MPP.

Outstanding conversion efficiency

No cooling fan. Maximum efficiency exceeds 98%. Full output current up to 40°C (104°F).

Flexible charge algorithm

Fully programmable charge algorithm (see the software page on our website), and eight preprogrammed algorithms, selectable with a rotary switch (see manual for details).

Extensive electronic protection

- Over-temperature protection and power derating when temperature is high.
- PV short circuit and PV reverse polarity protection.
- PV reverse current protection.

Internal temperature sensor

Compensates absorption and float charge voltage for temperature.

Real-time data display options

- Apple and Android smartphones, tablets and other devices.
- Color Control panel.



**SmartSolar Charge Controller
MPPT 150/35**

SmartSolar Charge Controller	MPPT 150/35
Battery voltage	12 / 24 / 48V Auto Select (software tool needed to select 36V)
Rated charge current	35A
Nominal PV power 1a, b)	12V: 500W / 24V: 1000W / 36V: 1500W / 48V: 2000W
Max. PV short circuit current 2)	40A
Maximum PV open circuit voltage	150V absolute maximum coldest conditions 145V start-up and operating maximum
Maximum efficiency	98%
Self-consumption	12V: 20mA 24V: 15mA 48V: 10mA
Charge voltage 'absorption'	Default setting: 14,4 / 28,8 / 43,2 / 57,6V (adjustable)
Charge voltage 'float'	Default setting: 13,8 / 27,6 / 41,4 / 55,2V (adjustable)
Charge algorithm	multi-stage adaptive (eight pre-programmed algorithms)
Temperature compensation	-16 mV / -32 mV / -64 mV / °C
Protection	Battery reverse polarity (fuse, not user accessible) PV reverse polarity Output short circuit Over-temperature
Operating temperature	-30 to +60°C (full rated output up to 40°C)
Humidity	95%, non-condensing
Data communication port	VE.Direct
ENCLOSURE	
Colour	Blue (RAL 5012)
Power terminals	16 mm ² / AWG6
Protection category	IP43 (electronic components), IP22 (connection area)
Weight	1,25 kg
Dimensions (h x w x d)	130 x 186 x 70 mm
STANDARDS	
Safety	EN/IEC 62109-1, UL 1741, CSA C22.2
1a) If more PV power is connected, the controller will limit input power. 1b) The PV voltage must exceed Vbat + 5V for the controller to start. Thereafter the minimum PV voltage is Vbat + 1V. 2) A PV array with a higher short circuit current may damage the controller.	

BIODATA PENULIS



Khalis Abrar Dilahirkan di Batusangkar pada 28 November 1996 , Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat awal pada TK Al-Ikhlas Batusangkar, kemudian melanjutkan pendidikan ke tingkat dasar ke SDN 06 Batusangkar, SMPN 5 Batusangkar dan SMAN 1 Sumatera Barat yang berlokasi di Padang Panjang. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2015 melalui jalur SBMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* di Departemen Kaderisasi JMMI serta kadiv di Departemen Riset dan Teknologi Himatekpal FTK ITS 2017/2018. Selain itu, Penulis juga pernah mengikuti kegiatan kepanitiaan di kampus. Penulis tercatat pernah menjadi *grader* untuk mata kuliah Rencana Garis

Email: khalis.abrar15@mhs.na.its.ac.id/khalisabrar@gmail.com