



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL WISATA HIBRIDA BERBAHAN DASAR
HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) UNTUK
KEPULAUAN KARIMUNJAWA**

**Gusti Caesar Bagaskara
NRP 0411164000069**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Danu Utama, S.T., M.T.**

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



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL WISATA HIBRIDA BERBAHAN DASAR
HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) UNTUK
KEPULAUAN KARIMUNJAWA**

**Gusti Caesar Bagaskara
NRP 04111640000069**

**Dosen Pembimbing
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Danu Utama, S.T., M.T.**

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



FINAL PROJECT - MN 184802

DESIGN OF HYBRID TOURISM BOAT MADE FROM HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) FOR KARIMUNJAWA ISLANDS

Gusti Caesar Bagaskara
NRP 0411164000069

Supervisor
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Danu Utama, S.T., M.T.

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

LEMBAR PENGESAHAN

DESAIN KAPAL WISATA HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)* UNTUK KEPULAUAN KARIMUNJAWA

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:

Gusti Caesar Bagaskara
NRP 0411164000069

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I

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

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

Mengetahui,
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

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

SURABAYA, 6 AGUSTUS 2020



LEMBAR REVISI

DESAIN KAPAL WISATA HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)* UNTUK KEPULAUAN KARIMUNJAWA

TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir
Tanggal 23 Juli 2020

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

Oleh:

Gusti Caesar Bagaskara
NRP 041116000069

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T.

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

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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

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



SURABAYA, 6 AGUSTUS 2020

Dipersembahkan kepada Ayahanda, Ibunda serta Adinda dan Ananda yang sangat penulis
cintai.

KATA PENGANTAR

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

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

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D dan Bapak Danu Utama, S.T., M.T selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Kedua orang tua, ketiga Adinda, serta keluarga penulis yang telah memberikan dukungan, motivasi dan semangat dalam pengerjaan tugas akhir ini;
3. Bu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T., Pak Hasanudin, S.T., M.T., Pak Danu Utama, S.T., M.T., dan Bu Febriani Rohma Dhana, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
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. Terimakasih kepada teman-teman angkatan 2016 khususnya Steven Irvando, Muhammad Fathi Ilham dan Steven Caramoy, Mas Muhammad Rizki Alia, Mas Muhammad Iqbal, Mas Puguh Haris, Mbak Egi Roro Fajar Pangesti, semua teman-teman Serigala Kapal 2016 dan nama-nama teman penulis yang penulis tidak bisa penulis sebutkan satu persatu yang telah mendukung, membantu, menyemangati, dan berjuang bersama selama perkuliahan hingga pengerjaan Tugas Akhir.

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

Surabaya, 6 Agustus 2020

Gusti Caesar Bagaskara

DESAIN KAPAL WISATA HIBRIDA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE)* UNTUK KEPULAUAN KARIMUNJAWA

Nama Mahasiswa : Gusti Caesar Bagaskara
NRP : 04111640000069
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
2. Danu Utama, S.T., M.T.

ABSTRAK

Kepulauan Karimunjawa ditetapkan sebagai salah satu Taman Nasional Indonesia pada tahun 2001 dan memiliki potensi wisata laut yang sangat besar. Namun, kapal wisata yang beroperasi di Kepulauan Karimunjawa masih sedikit dan masih menggunakan kapal nelayan untuk perjalanan wisata di Kepulauan Karimunjawa. Tujuan dari Tugas Akhir ini adalah untuk mengurangi penggunaan kayu pada pembuatan kapal serta pemanasan global akibat penggunaan bahan bakar fosil maka dilakukan perancangan kapal hibrida berbahan dasar HDPE yang mempunyai tiga sumber daya utama energi terbarukan yakni angin (*Vertical Axis Wind Turbines*), sinar matahari (*Photovoltaic Panel*) dan juga gas hidrogen (*Fuel Cell*) yang diproduksi *On-Board* dari air laut. Ketebalan plat HDPE lambung kapal sebesar 21 mm, lebih tebal apabila dibanding dengan menggunakan baja yaitu sebesar 5,3 mm untuk ukuran kapal yang sama. Dari hasil analisis menggunakan metode *forecasting* dari jumlah kunjungan wisatawan di Kepulauan Karimunjawa dan dikurangi dengan kapasitas penumpang yang telah dimuat oleh kapal *existing* di Kepulauan. Karimunjawa. Kemudian didapatkan *payload* sebanyak 55 orang. Ukuran utama kapal adalah $L_{pp} = 15$ m; $B = 4.6$ m; $H = 2$ m; $T = 1.1$ m dengan kecepatan 8 knot dengan rute Pulau Karimunjawa, Pulau Menjangan Besar dan Pulau Cemara Besar, kapal dapat berlayar pada tinggi gelombang 1 meter diatas 3 jam dengan nyaman. Berdasarkan analisis ekonomis yang dilakukan maka didapatkan harga tiket wisata ketika *peak season* saat *weekday* adalah Rp 75.000 dan *weekend* Rp 95.000, sedangkan untuk *low season* saat *weekday* RP 45,000 dan *weekend* sebesar Rp 65,000, dengan *payback period* selama 10 tahun 20 hari.

Kata kunci: Kapal penumpang hibrida, Kapal Wisata, *Fuel cell*, VAWT, *Photovoltaic panel*.

DESIGN OF HYBRID TOURISM BOAT BASED ON HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) FOR KARIMUNJAWA ISLANDS

Author : Gusti Caesar Bagaskara
Student Number : 04111640000069
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
Danu Utama, S.T., M.T.

ABSTRACT

Karimunjawa islands was designated as one of Indonesia's National Park in 2001 and it has a huge marine potential. However, the amount of tourist boats operating across Karimunjawa Island is still very small and sometimes fishing boats were operated for touring the island. The aim of this final project is to reduce the use of wood in shipbuilding and to reduce global warming due to the use of fossil fuel. As a result, this final project carried out hybrid- boat planning made of HDPE plastic with 3 main resources which were mentioned as renewable resources. These are wind energy (Vertical Axis Wind Turbines), solar energy (Photovoltaic Panel) , and hydrogen energy (Fuel Cell) which constantly produced on-board from the ocean water. The thickness of the HDPE hull plate is 21 mm, thicker when compared to using steel, which is 5.3 mm for the same size ship. According to the analysis result by using forecasting method, the total amount of tourist visit minus the passenger capacity from boats which have been operating in Karimunjawa Island showed payload over 55 people. The main boat dimension are $L_{pp} = 15$ m, $B = 4,6$ m, $H = 2$, $T = 1.1$ m with boat speed of 8 knots. Sailing across Karimunjawa Island. Menjangan Besar Island, and Cemara Besar Island, the boat can smoothly sail on wave heights of 1 meter over 3 hours. According to economic analysis, the ticket price at peak season during the weekday is Rp. 75.000 dan Rp, 95.000 during the weekend. Meanwhile, the ticket price at low season during the weekday is Rp. 45.000 and Rp. 65.000 during the weekend, with payback period for 10 years and 20 days.

Keywords: Hybrid Tourism Vessel, tourist boat, Fuel cell, VAWT, Photovoltaic panel

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR REVISI	iv
HALAMAN PERUNTUKAN	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR SIMBOL	xv
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang Masalah.....	1
1.2. Perumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	3
1.4. Batasan Masalah	3
1.5. Manfaat	4
1.6. Hipotesis.....	4
BAB 2 STUDI LITERATUR	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Dasar Teori.....	5
2.3. Ukuran Utama Kapal	5
2.3.1. Perbandingan Ratio Ukuran Utama Kapal	6
2.3.2. Koefisien Bentuk Kapal	6
2.3.3. Hambatan Kapal	7
2.3.4. Propulsi dan Daya Mesin Kapal.....	9
2.3.5. Berat Kapal.....	10
2.3.6. <i>Freeboard</i>	10
2.3.7. <i>Trim</i>	10
2.3.8. Stabilitas Kapal	11
2.4. Pulau Karimunjawa.....	13
2.5. Kapal Penumpang	14
2.6. <i>High Density Polyethylene (HDPE)</i>	15
2.7. Perbandingan Plastik HDPE dan <i>Fiberglass</i>	15
2.8. Kapal HDPE.....	18
2.9. <i>Hybrid System</i>	20
2.9.1. Proses Produksi Hidrogen	22
2.9.2. <i>Fuel Cell</i>	23
2.9.3. <i>Photovoltaic Cell</i>	33
2.9.4. <i>Vertical Axis Wind Turbin</i>	35
2.9.5. Analisis Ekonomis.....	36
BAB 3 METODOLOGI.....	39
3.1. Bagan Alir	39
3.2. Diagram Alir Sistem Hibrida	40
3.3. Diagram Alir HDPE.....	40

3.4. Tahap Pengerjaan.....	41
3.2.1 Identifikasi Masalah	41
3.2.2 Studi Literatur	41
3.2.3 Pengumpulan Data	41
3.2.4 Pengolahan data.....	41
3.2.5 Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model	42
3.4.1. Perhitungan Biaya	42
3.4.2. Kesimpulan dan Saran.....	42
BAB 4 TINJAUAN WILAYAH	43
4.1. Tinjauan Umum Daerah.....	43
4.2. Potensi Wisata Karimunjawa	44
4.2.1. Lokasi Wisata di Kepulauan Karimunjawa Berdasarkan Ekosistem	44
4.2.2. Lokasi Wisata yang Selalu dikunjungi Wisatawan	45
4.3. Kondisi Gelombang Kepulauan Karimunjawa	47
BAB 5 ANALISIS TEKNIS	49
5.1. <i>Operational Requirement</i>	49
5.1.1. Penentuan Rute Pelayaran	49
5.1.2. Perhitungan Waktu Tempuh.....	50
5.2. Perhitungan <i>Payload</i>	50
5.3. Penentuan Ukuran Utama Kapal	54
5.4. Pemeriksaan Ukuran Utama Kapal	55
5.5. Perhitungan Koefisien	56
5.6. Perhitungan Hambatan dan Propulsi Kapal	56
5.7. Perhitungan Tebal Plat Lambung HDPE	58
5.8. Desain Sistem Hibrida	59
5.9. Perhitungan Sistem Hibrida	62
5.10. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal	64
5.11. Pengecekan Berat Kapal dan <i>Displacement</i>	65
5.12. Perhitungan <i>Freeboard</i>	65
5.13. Perhitungan Stabilitas	66
5.14. Perhitungan <i>Trim</i>	67
BAB 6 ANALISIS EKONOMIS	69
6.1. Biaya Pembangunan Kapal	69
6.2. Perhitungan Biaya Operasional.....	69
6.3. <i>Payback Period</i>	70
6.4. <i>Net Present Value (NPV)</i>	72
6.5. <i>Internal Rate of Return (IRR)</i>	73
BAB 7 DESAIN KAPAL WISATA BERBAHAN DASAR <i>HIGH DENSITY</i>	
<i>POLYETHYLENE (HDPE)</i>	75
7.1. Umum.....	75
7.2. Konfigurasi Sistem <i>Hybrid, VAWT dan PV Panel</i>	75
7.3. Rencana Garis (<i>Lines Plan</i>)	76
7.4. Rencana Umum (<i>General Arrangement</i>).....	77
7.5. <i>Midship Section</i>	80
7.6. Pemodelan 3D Kapal	81
BAB 8 KESIMPULAN DAN SARAN	83
8.1. Kesimpulan	83
8.2. Saran.....	84
DAFTAR PUSTAKA	85
LAMPIRAN	

Lampiran A Perhitungan Teknis Dan Ekonomis Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE

Lampiran B Gambar *Lines Plan* Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE

Lampiran C Gambar *General Arrangement* Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE

Lampiran D Gambar *Midship Section* Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar HDPE

Lampiran E Gambar *3D-Modelling* Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE

BIODATA PENULIS

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perkembangan Kunjungan Wisatawan di Karimunjawa	2
Gambar 2.1 Kondisi Stabilitas Positif	11
Gambar 2.2 Kondisi Stabilitas Netral	12
Gambar 2.3 Kondisi Stabilitas Negatif	12
Gambar 2.4 Rute pelayaran Pulau karimunjawa, Pulau Menjangan, Pulau Cemara	14
Gambar 2.5 Kapal penyebrangan Kendal-Karimunjawa	14
Gambar 2.6 Logo HDPE	15
Gambar 2.7 <i>Mechanical Properties of HDPE</i>	16
Gambar 2.8 <i>HDPE Patrol Boat</i>	18
Gambar 2.9 Proses <i>Rotation Moulding</i> HDPE	19
Gambar 2.10 Proses pengelasan HDPE	19
Gambar 2.11 Diagram Pressure Factor Pelat Bottom	20
Gambar 2.12 Diagram Pressure Factor Pelat Side	20
Gambar 2.13 Kapal Energy Observer	21
Gambar 2.14 Sistem <i>Hybrid on-board</i>	21
Gambar 2.15 Proses Elektrolisis H ₂ O	23
Gambar 2.16 <i>Flow Chart PEMFC System</i>	25
Gambar 2.17 Skema reaksi Kimia PEMFC	25
Gambar 2.18 Flow Chart DMFC System	26
Gambar 2.19 Skema Reaksi Kimia DMFC	26
Gambar 2.20 Skema Reaksi Kimia PAFC	27
Gambar 2.21 Flow Chart PAFC System	27
Gambar 2.22. Flow Chart MCFC System	29
Gambar 2.23 Skema Reaksi Kimia MCFC	29
Gambar 2.24 Skema Reaksi Kimia SOFC	31
Gambar 2.25 Flow Chart SOFC System	31
Gambar 2.26 SOFC Tabular (Kiri) dan Planar (Kanan)	31
Gambar 2.27 Perbandingan Spesifikasi antar Jenis Fuel Cell	32
Gambar 2.28 Skor dari Semua Jenis Fuel Cell	33
Gambar 2.29 <i>Photovoltaic Effect Diagram</i>	34
Gambar 2.30 Jenis-jenis <i>Wind Turbines</i>	36
Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir	39
Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Hibrida	40
Gambar 3.3 Diagram Alir HDPE	40
Gambar 4.1 Letak Kepulauan Karimunjawa	43
Gambar 4.2 Kondisi Gelombang di Kepulauan Karimunjawa	47
Gambar 5.1 Rute Pelayaran	49
Gambar 5.2 Grafik Hasil <i>Forecasting</i>	52
Gambar 5.3 KM. Banawa Nusantara 98	53
Gambar 5.4 Kapal Wisata yang Beroperasi di Kepulauan Karimunjawa	53
Gambar 5.5 Kapal JAVANESEBOAT SERI JS 1538	54
Gambar 5.6 Luas Transversal Kapal di Atas Sarat	57
Gambar 5.7 Elco EP-100	58

Gambar 5.8 Sistem Hibrida Pada Kapal Wisata Berbahan HDPE	60
Gambar 5.9 Proses Produksi Gas Hidrogen <i>On-Board</i>	60
Gambar 5.10 Sistem Pengisian Daya Baterai	61
Gambar 5.11 Perhitungan Luas Pelat Kapal	64
Gambar 7.1 Skema Produksi Gas Hidrogen	75
Gambar 7.2 Konfigurasi VAWT dan PV Panel	76
Gambar 7.3 <i>Lines Plan</i> Kapal Wisata Berbahan Dasar HDPE	76
Gambar 7.4 Rencana Umum / <i>General Arrangement</i> Kapal Wisata Berbahan Dasar HDPE	77
Gambar 7.5 <i>Midship Section</i> Kapal Wisata HDPE	81
Gambar 7.6 Hasil Permodelan 3D Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE Tampak Depan	82
Gambar 7.7 Hasil Permodelan 3D Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE Tampak Samping	82

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Perbandingan HDPE dengan Aluminium dan <i>Fibreglass</i>	16
Tabel 5.1 Rencana Perjalanan Trip 1	50
Tabel 5.2 Perhitungan Waktu Tempuh	50
Tabel 5.3 Data Wisatawan Kepulauan Karimunjawa Tahun 2016 – 2019 dan <i>Forecasting</i> Wisatawan.....	51
Tabel 5.4 Pengecekan <i>Ratio</i> Ukuran Utama Kapal <i>Parent Ship</i>	55
Tabel 5.5 Ukuran Utama Kapal Setelah dilakukan Perubahan.....	55
Tabel 5.6 Pengecekan <i>Ratio Ukuran</i> Utama Setelah dilakukan Perubahan	56
Tabel 5.7 Rekap Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal.....	56
Tabel 5.8 Tabel Perhitungan Berat dan Titik Berat	64
Tabel 5.9 <i>Loadcase</i> Kapal Wisata Hibrida HDPE.....	66
Tabel 5.10 <i>Loadcase</i> Kapal Wisata Hibrida HDPE.....	67
Tabel 6.1 Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal Wisata Hibrida HDPE	69
Tabel 6.2 Rekapitulasi Biaya Operasional.....	70
Tabel 6.3 Rencana Harga Tiket.....	70
Tabel 6.4 Jumlah Hari Operasional.....	71
Tabel 6.5 Perhitungan Payback Periode	71
Tabel 6.6 Arti Perhitungan NPV terhadap Keputusan Investasi yang akan dilakukan.....	72
Tabel 6.7 Perhitungan NPV dan IRR.....	73
Tabel 7.1 Modulus HDPE.....	80
Tabel 7.2 Ukuran Profil	81

DAFTAR SIMBOL

Lpp	= panjang kapal dari titik AP ke FP
Lwl	= panjang kapal sesuai dengan garis air
Loa	= panjang kapal secara keseluruhan
B	= lebar kapal tanpa kulit
H	= tinggi kapal tanpa kulit
T	= sarat kapal
LCB	= letak memanjang titik gaya apung
LCG	= letak memanjang titik gaya berat
Cb	= koefisien blok kapal
Cm	= koefisien midship
Cwp	= <i>waterplane coefficient</i>
Cp	= <i>prismatic coefficient</i>
∇	= <i>volume displacement</i>
Δ	= <i>displacement</i>
Vs	= kecepatan dinas
Fno	= <i>Froude Number</i>
ρ	= <i>mass density salt water</i> (1025 kg/m ³)
C _{F0}	= <i>friction coefficient</i> (ITTC 1957)
Rn	= Reynold Number
1 + K	= <i>form factor of vessel</i>
S	= <i>Wetted surface area</i>
S _{app}	= <i>total wetted surface of appendages</i>
S _{tot}	= <i>total wetted surface of vessel</i>
W	= <i>displacement weight</i>
R _T	= <i>total resistance of vessel</i>
T _a	= <i>moulded draft at AP</i> [m]
T _f	= <i>moulded draft at FP</i> [m]
P _B	= <i>BHP</i> (break horse power)
P _E	= <i>EHP</i> (effective horse power)
η_h	= <i>hull efficiency</i>
η_o	= <i>open water efficiency</i>
η_r	= <i>relative rotative efficiency</i>
η_s	= <i>seal efficiency</i>
η_b	= <i>line shaft bearing efficiency</i>
η_t	= <i>electrical transmission efficiency</i>
T _y	= <i>thickness of HDPE plate</i>
C _{C&E}	= <i>crew coefficient</i>
W _{C&E}	= berat crew
V _{SW}	= total volume air laut
W _{SW}	= total berat air laut
V _{FW}	= total volume air tawar
W _{FW}	= total berat air tawar

W_H	= total berat gas hidrogen
W_{PR}	= total berat <i>provision & store</i>
V_{Ice}	= total volume es pendingin kapal
W_{Ice}	= total berat es pendingin kapal
Z	= total <i>equipment number of ship</i>
LWT	= <i>Light Weight Tonnages</i>
DWT	= <i>Dead Weight Tonnages</i>
L_s	= Panjang <i>Superstructures</i>
H_s	= Tinggi <i>Superstructures</i>
S_m	= <i>mean sheer</i>
S_a	= tinggi <i>sheer</i> pada AP
S_f	= tinggi <i>sheer</i> pada FP
F_{ba}	= <i>Freeboard Actual of Vessel</i>
KG	= titik gravitasi kapal
ρ_{FW}	= berat jenis air tawar
KB_0	= tinggi titik apung awal
GM_0	= tinggi metasenter awal
GZ	= lengan stabilitas kapal

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang Masalah

Kawasan Kepulauan Karimunjawa merupakan salah satu kecamatan di Kabupaten Jepara, Jawa Tengah yang terletak 45 mil laut sebelah barat laut kota Jepara. Kawasan kepulauan ini terdiri dari 22 pulau – pulau kecil dan Pulau Karimunjawa sebagai pusat pulau sekaligus sebagai pulau terbesar diantara pulau lainnya. Berdasarkan pada Keputusan Menteri Kehutanan dan Perkebunan Nomor: 78/Kpts-II/1999 tanggal 22 Februari 1999 telah ditetapkan perubahan fungsi kawasan Cagar Alam Laut Karimunjawa dan perairan laut di sekitarnya seluas 111.625 hektar dengan batas koordinat 110°4’-110°40 BT dan 5°37’-5°40 LS menjadi Taman Nasional dengan nama Taman Nasional Karimunjawa. (Fakhira, 2020.)

Sebagai salah satu dari sembilan taman nasional laut yang ada di Indonesia, Karimunjawa memiliki banyak pulau indah disekitarnya dan spot terumbu karang eksotis yang menjadikannya sebagai objek wisata bahari tujuan turis domestik maupun asing yang berkunjung ke Jawa Tengah. Salah satu destinasi favorit untuk diving dan snorkeling adalah di Pulau Menjangan Kecil selanjutnya Pulau Menjangan Besar terdapat tempat penangkaran Hiu dan dapat berenang bersama Hiu didalamnya dan satu lagi adalah Pulau Cemara Karimunjawa, terletak di sisi timur Kepulauan Karimunjawa yang merupakan pulau yang tak berpenghuni dengan pasir putih dan birunya air laut di sekitar pulau. (Arifin, 2008.) Kegiatan pariwisata di Karimunjawa sangat tinggi, hal tersebut dapat dilihat dari Gambar 1.1 yang memperlihatkan jumlah kunjungan wisatawan yang semakin naik setiap tahunnya.



Gambar 1.1 Perkembangan Kunjungan Wisatawan di Karimun Jawa
 (“Data Statistik Tourism Information Center Jepara”)
 (<http://tic.jepara.go.id/>)

Peningkatan jumlah wisatawan yang sangat pesat tersebut belum diimbangi dengan perancangan sarana transportasi yang cukup memadai. Untuk melayani wisatawan yang akan melakukan aktivitas *diving*, *snorkling*, maupun mengunjungi pulau – pulau perlu dilakukan penambahan dan modernisasi kapal wisata.

Sistem propulsi dengan penggerak utama motor bakar ini memang memiliki kelebihan dalam hal kemudahan operasionalnya, namun perlu diketahui konsumsi bahan bakar minyak memiliki dampak merugikan yaitu gas buang yang ikut meningkatkan dampak pemanasan global.

Dengan maksud mengatasi serta memberikan sebuah solusi terhadap permasalahan yang ada, pada Tugas Akhir ini akan dilakukan perancangan kapal penumpang yang memiliki material/bahan utama HDPE yang lebih tangguh dari segi mechanical properties jika dibandingkan dengan kayu serta akan dilakukan perancangan sistem hibrida untuk penggerak utama kapal yang bersumber dari listrik yang dihasilkan dari *photovoltaic cell*, *vertical axis wind turbines* dan juga *hydrogen fuel cell* yang ramah lingkungan. Terdapat beberapa keuntungan dalam desain kapal penumpang berbahan HDPE yang menjadi pertimbangan dalam penggunaannya yakni bahan HDPE / *Thermoplastic* merupakan bahan yang *unsinkable* sekalipun kapal dalam keadaan terbalik, serta tidak perlu dilakukan pelapisan *coat/cat anti-fouling* karena bahan HDPE sudah bebas dari *fouling*, dan juga material ini sangat ramah lingkungan karena dapat di daur ulang selama masih mengandung unsur PE (*Poly-Ethylene*). (Iqbal 2019)

Pemilihan *Fuel cell* berbahan bakar gas hidrogen dikarenakan gas ini merupakan gas yang sangat berlimpah dan belum dimanfaatkan secara maksimal oleh manusia terutama pada transportasi laut, dimana gas hidrogen dapat dihasilkan melalui proses elektrolisis air laut. Daya listrik yang dihasilkan dari *fuel cell* akan dikombinasikan dengan listrik dari baterai sebagai upaya menggalakkan *zero emission* yang dihasilkan kapal saat beroperasi (Iqbal 2019)

1.2. Perumusan Masalah

1. Bagaimana menentukan *Payload* dari kapal wisata hibrida berbahan dasar HDPE?
2. Bagaimana memperoleh ukuran utama kapal yang sesuai?
3. Bagaimana melakukan perhitungan teknis pada kapal wisata hibrida berbahan dasar HDPE agar regulasi dan peraturan yang disyaratkan?
4. Bagaimana kerja sistem hibrida ramah lingkungan yang terdapat pada kapal berbahan dasar HDPE yang akan didesain?
5. Bagaimana desain *lines plan, general arrangement, midship section* dan *3D-modelling* dari kapal berbahan HDPE yang akan didesain?
6. Bagaimana analisis ekonomi pada pembangunan kapal yang akan didesain?

1.3. Tujuan

1. Menentukan *Payload* dari kapal wisata hibrida berbahan dasar HDPE berdasarkan data-data pendukung yang didapatkan.
2. Memperoleh ukuran utama kapal yang sesuai.
3. Melakukan perhitungan teknis pada kapal wisata hibrida berbahan dasar *HDPE* berdasarkan regulasi dan peraturan yang disyaratkan.
4. Memperoleh kapasitas *Hydrogen Fuel Cell* yang sesuai.
5. Membuat gambar *lines plan, general arrangement, midship section* dan juga *3D-Modelling* dari kapal penumpang hibrida berbahan dasar *HDPE*.
6. Melakukan analisis ekonomi terkait pembangunan kapal wisata hibrida berbahan dasar *HDPE*.

1.4. Batasan Masalah

1. Desain yang dibuat hanya sebatas desain konsep.
2. Tidak menghitung konstruksi dan kekuatan kapal.
3. Rute Pulau Karimunjawa – Pulau Menjangan – Pulau Cemara.

4. *Hybrid System* menggunakan kombinasi *Vertical Axis Wind Turbine*, *Photovoltaic Cell* dan *Hydrogen Fuel Cell*.

1.5. Manfaat

1. Sebagai sarana pengembangan teknologi maritim di Indonesia, khususnya pada bidang pengembangan teknologi kapal penumpang.
2. Sebagai referensi bahan dasar lambung kapal yang ramah lingkungan bagi industri / pemerintah.

1.6. Hipotesis

Desain dan sistem dari Kapal *HDPE* dengan *Hybrid power supply* dari *Vertical Axis Wind Turbines*, *Photovoltaic Panel* dan *Hydrogen fuel cell* ini dapat menjadi sebuah solusi pengembangan teknologi kapal wisata ramah lingkungan untuk Provinsi Jawa Tengah.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

STUDI LITERATUR

2.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas secara detail dasar-dasar teori dalam melakukan perhitungan dan membuat desain sebuah kapal meliputi pengertian ukuran utama kapal hingga ketentuan stabilitas kapal. Pada bab ini juga terdapat beberapa tinjauan pustaka terkait jenis kapal material dan kapal HDPE, serta sistem hibrida yang akan diterapkan pada kapal yang akan didesain meliputi *fuel cell*, *photovoltaic panel*, dan *vertical axis wind turbine* (VAWT).

2.2. Dasar Teori

Pada penelitian Tugas Akhir ini dibutuhkan berbagai teori dasar yang berguna untuk menjadi landasan. Teori-teori yang digunakan dalam penelitian ini bersumber dari materi perkuliahan, percobaan serta penelitian-penelitian yang sudah dilakukan para ahli sebelumnya.

Berikut ini beberapa teori yang digunakan sebagai landasan dalam mengerjakan Tugas Akhir ini.

2.3. Ukuran Utama Kapal

Pada bab ini akan dibahas secara detail dasar-dasar teori dalam melakukan perhitungan dan membuat desain sebuah kapal meliputi pengertian ukuran utama kapal hingga ketentuan stabilitas kapal. Pada bab ini juga terdapat beberapa tinjauan pustaka terkait kapal wisata, material dan kapal HDPE, serta sistem hibrida yang akan diterapkan pada kapal yang akan didesain meliputi *fuel cell*, *photovoltaic panel*, dan *vertical axis wind turbine* (VAWT).

Adapun penjelasan mengenai ukuran utama kapal adalah sebagai berikut:

1. Loa (*Length Overall*) merupakan panjang kapal secara keseluruhan yang diukur secara horizontal dari titik depan dan titik belakang terluar kapal.
2. Lpp (*Length Between Perpendicular*) merupakan panjang kapal yang diukur antara garis tegak vertikal pada poros kemudi/*rudder* (*after perpendicular*) dan garis tegak vertikal di haluan yang ditarik pada perpotongan linggi haluan dengan sarat kapal (*fore perpendicular*).
3. Bm (*Breadth Moulded*) merupakan lebar terbesar diukur dari bidang tengah kapal. Untuk kapal baja dan logam lainnya, *breadth moulded* diukur tanpa

kulit, sedangkan untuk kapal kayu atau berbahan non-logam diukur dari jarak antara dua sisi terluar kulit kapal.

4. H (Height) merupakan jarak vertikal yang diukur pada bidang tengah kapal/midship, dari atas lunas hingga sisi atas geladak disisi kapal.
5. T (Draught) merupakan jarak vertikal yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

(Iqbal 2019)

2.3.1. Perbandingan Ratio Ukuran Utama Kapal

Setelah mendapatkan ukuran utama kapal, maka hal yang harus dilakukan selanjutnya ialah melakukan pengecekan terhadap *ratio*/perbandingan antar ukuran kapal yang didapatkan. Adapun pengecekan ratio ukuran utama ialah sebagai berikut:

1. Lpp/B berada pada *range* 3.5-10; (Principles Of Naval Architecture Vol I - Stability And Strength.)
2. B/T berada pada *range* 1.8-5; (“Principles Of Naval Architecture Vol I - Stability And Strength.Pdf,” n.d.)
3. Lpp/H berada pada *range* 8.2-9 (Principles Of Naval Architecture Vol I - Stability And Strength.)
4. Lpp/T berada pada *range* 10-30. (Principles Of Naval Architecture Vol I - Stability And Strength.)

2.3.2. Koefisien Bentuk Kapal

A. Koefisien Blok (C_B)

Koefisien Blok adalah perbandingan volume antara badan kapal yang tercelup air dengan volume balok yang memiliki dimensi L x B x H kapal. Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi *Froud Number* (Parsons, 2001). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan (2.1) di bawah ini:

$$C_B = -4.22 + 27.8\sqrt{Fn} - 39.1Fn + 46.6Fn^3 \quad (2.1)$$

B. Koefisien *Midship* (C_M)

Untuk mendapatkan nilai C_M pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_B (Parson. 2001.). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan (2.2) berikut,

$$C_M = (1 + (1 + C_B)^{3.5})^{-1} \quad (2.2)$$

C. Koefisien Prismatic (C_P)

Koefisien Prismatic adalah perbandingan antara volume badan kapal yang tercelup di dalam air dengan volume prisma segi empat yang memiliki luas penampang gading terbesar dan panjang L . Nilai C_P dapat dicari dengan perbandingan nilai C_B dengan C_M .

$$C_P = \frac{C_B}{C_M} \quad (2.3)$$

D. Koefisien Waterplan (C_{WP})

Koefisien *waterplan* merupakan perbandingan luas bidang air pada sarat dengan luas persegi yang memiliki dimensi $L_{wl} \times B$. Untuk mendapatkan nilai C_{WP} pada desain awal, Menurut Watson & Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi C_B (Parson. 2001.). Seperti yang di tunjukkan pada persamaan di bawah,

$$C_{WP} = \frac{(1+2C_B)}{3} \quad (2.4)$$

E. LCB

LCB merupakan letak memanjang dari titik apung (*buoyancy*). Nilai LCB dapat bernilai positif maupun negatif dari titik tengah kapal (*midship*) yang mempengaruhi hambatan kapal dan juga trim (Parson. 2001.).

$$LCB = -13.5 + 19.4 C_P \quad (2.5)$$

F. Displacement

Displacement adalah berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang merupakan hasil konversi dari volume air yang dipindahkan (*volume displacement*) menjadi satuan massa (ton).

$$Volume\ Disp\ (\nabla) = L \times B \times T \times C_B \text{ (m}^3\text{)} \quad (2.6)$$

$$Disp\ (\Delta) = Volume\ Disp\ (\nabla) \text{ (ton)} \quad (2.7)$$

2.3.3. Hambatan Kapal

Hambatan (*Resistance*) merupakan gaya yang berlawanan dengan arah gerak kapal yang ditimbulkan akibat dorongan *fluida* yang menyentuh badan kapal. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini metode yang digunakan untuk menghitung hambatan ialah metode Holtrop dan Mennen dengan persamaan sebagai berikut:

$$R_T = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{Tot} [C_F (1 + k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W \quad (2.8)$$

A. Koefisien Hambatan Gesek (C_F)

Fluida memiliki suatu sifat yaitu kekentalan atau viskositas. Dengan adanya viskositas, fluida dapat menimbulkan gesekan apabila dilewati oleh suatu benda. Untuk menentukan nilai koefisien hambatan gaya gesek, dapat menggunakan persamaan,

$$C_F = \frac{0.075}{(\log R_n - 2)^2} \quad (2.9)$$

B. Luas Permukaan Basah (S_{Tot})

Luas permukaan basah adalah seluruh luasan badan kapal yang tercelup di dalam air. Selain luasan badan kapal, terdapat luasan tambahan seperti luas *rudder*, *bilge keel*, dll. Luasan permukaan basah dapat mempengaruhi hambatan, semakin besar luasan permukaan basah maka hambatan yang dihasilkan juga akan besar.

C. Koefisien Bentuk ($1+k$)

Koefisien bentuk badan kapal dapat dihitung menggunakan persamaan berikut,

$$(1 + k) = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}} \quad (2.10)$$

D. Coleration Allowance (C_A)

Nilai C_A diperoleh dengan menggunakan persamaan dibawah ini ($T_i/L_{wl} > 0.04$)

$$C_A = 0.006 (L_{wl} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad (2.11)$$

E. Koefisien Hambatan Gelombang (R_w)

Hambatan gelombang adalah gaya yang menghambat gerak kapal. Gaya tersebut diperoleh melalui gelombang air yang memiliki kemampuan untuk menahan gerak kapal. Untuk mendapatkan nilai R_w dapat menggunakan persamaan berikut,

$$R_w = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 \times F_n + m_2 \cos(\lambda F_n)} \quad (2.12)$$

F. Gaya Berat (W)

Dengan menggunakan hukum Newton II, maka gaya berat adalah hasil kali dari displacement kapal (ton) dengan percepatan gravitasi (m/s^2).

2.3.4. Propulsi dan Daya Mesin Kapal

Setelah mengetahui hambatan total yang dihasilkan kapal, desainer dapat menentukan kapasitas mesin induk untuk melawan hambatan tersebut. Kapasitas dari mesin induk yang memenuhi dapat ditentukan dengan mencari nilai *Break Horse Power* (BHP). Berikut adalah cara mendapatkan BHP.

A. *Effective Horse Power* (EHP)

EHP merupakan daya yang diperlukan kapal untuk melawan hambatan yang terjadi sehingga kapal mampu bergerak sesuai dengan kecepatan yang ditentukan (Parsons, 2001). Untuk mendapatkan nilai EHP dapat dilakukan dengan persamaan di bawah,

$$P_E = R_T \times v \text{ (kW)} \quad (2.13)$$

B. *Thrust Horse Power* (THP)

THP merupakan daya dorong efektif yang berkurang dikarenakan perputaran *propeller* pada air, didapatkan dengan persamaan di bawah,

$$P_T = P_E \times \frac{(1 - \omega)}{(1 - t)} \text{ (kW)} \quad (2.14)$$

C. *Delivered Horse Power* (DHP)

DHP merupakan daya yang sampai pada propeller. Dipengaruhi oleh efisiensi *hull* (η_H), *relative-rotative efficiency* (η_R), dan *open water efficiency* (η_o) (Parsons, 2001). Untuk mencari nilai DHP dapat menggunakan persamaan di bawah,

$$P_D = \frac{P_E}{\eta_H \cdot \eta_R \cdot \eta_o} \text{ (kW)} \quad (2.15)$$

D. *Shaft Horse Power* (SHP)

SHP merupakan daya yang telah melewati proses transmisi pada *reduction gear*. SHP dipengaruhi oleh letak kamar mesin dikarenakan letak kamar mesin di bagian belakang dan di tengah kapal memiliki *seal efficiency* (η_S) dan *line shaft bearing efficiency* (η_B) (Parsons, 2001).

$$P_S = \frac{P_D}{\eta_S \cdot \eta_B} \quad (2.16)$$

E. Break Horse Power (BHP)

BHP merupakan daya yang dibutuhkan oleh mesin induk untuk mencapai kecepatan yang direncanakan (Parsons, 2001). Persamaan untuk menghitung BHP adalah,

$$P_B = \frac{P_s}{\eta_t} \quad (2.17)$$

F. Maximum Continues Rates (MCR)

MCR adalah daya yang telah ditambahkan akibat *loss* dari hal yang lain. Pertambahan daya dari BPH menuju MCR disebut *service margin* yang nilainya sebesar 15%-25%.

2.3.5. Berat Kapal

Hal yang berbeda pada Tugas Akhir ini ialah perhitungan berat lambung kapal yang menggunakan plastik HDPE dilakukan dengan bantuan *software Maxsurf Structure* dan *AutoCad* untuk mendapatkan luasan pelat plastik lalu akan dikalikan dengan tebal pelat dan juga massa jenis plastik HDPE. Komponen dari berat kapal secara keseluruhan terdiri dari:

A. LWT (*Light Weight Tonnage*)

Komponen yang termasuk dalam LWT pada perhitungan ialah berat kapal pada keadaan kosong seperti berat plastik HDPE lembaran (lambung), berat komponen-permesinan serta perlengkapan dan *Outfitting*.

B. DWT (*Dead Weight Tonnage*)

Komponen yang termasuk dalam DWT pada perhitungan ialah komponen yang dapat berubah jumlahnya selama pelayaran/operasional kapal seperti *payload* (Penumpang), serta *crew and consumables*.

2.3.6. Freeboard

Freeboard atau lambung timbul merupakan selisih secara vertikal antara tinggi kapal (H) dan sarat kapal (T) yang ditandai pada *summer loadline* dan diukur pada kedua sisi bagian tengah kapal/*midship*. Pada umumnya dalam menghitung *freeboard* mengacu pada ILLC (*International Load Lines Convention, 1966 on London*).

2.3.7. Trim

Trim merupakan suatu keadaan kapal yang miring secara memanjang dan ditandai dengan perbedaan sarat depan dan sarat belakang kapal, hal ini terjadi dikarenakan titik

berat kapal secara memanjang/LCG dan titik gaya apung kapal secara memanjang/LCB yang tidak terletak segaris.

Trim dibedakan menjadi dua, yaitu *trim by bow* dan *trim by stern*. *Trim by bow* terjadi apabila LCG terletak di depan LCB kapal, sedangkan *trim by stern* terjadi apabila LCG terletak di belakang LCB kapal. Berdasarkan *SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Reg 5-1*, keadaan yang dapat ditoleransi pada saat mendesain ialah *trim* kapal baik itu *by bow* ataupun *by stern* nilainya tidak boleh lebih dari $\pm 0.5\% * LWL$.

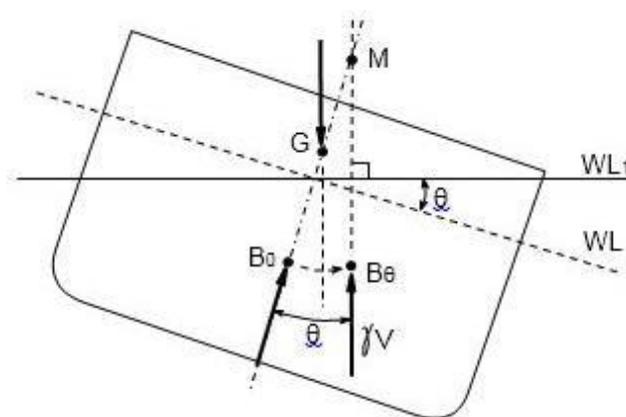
2.3.8. Stabilitas Kapal

Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisi kesetimbangannya setelah mendapat gangguan gaya eksternal pada saat berlayar/beroperasi ataupun diam yang dapat berupa angin, ombak dan gelombang. Adapun perhitungan stabilitas kapal dilakukan secara melintang kapal, dikarenakan pada prakteknya gerakan *rolling* adalah yang paling sering terjadi pada kapal karena kapal lebih mudah untuk diganggu kesetimbangannya secara melintang dibandingkan secara memanjang.

Pada prinsipnya keadaan stabilitas dibagi menjadi tiga yaitu :

a. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)

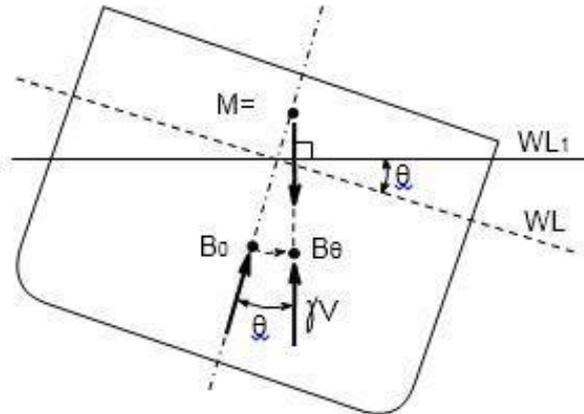
Suatu keadaan dimana titik G berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas mantap sewaktu oleng dan memiliki kemampuan untuk menegak kembali.



Gambar 2.1 Kondisi Stabilitas Positif
(Sumber : (Iqbal, 2018))

b. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

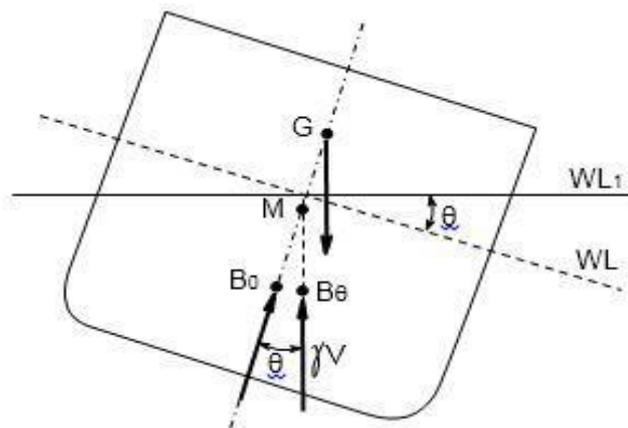
Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berhimpit dengan titik M. Maka momen penagak kapal yang memiliki stabilitas netral sama dengan nol, atau tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu oleng.



Gambar 2.2 Kondisi Stabilitas Netral
(Sumber : (Iqbal, 2018))

c. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas negatif sewaktu oleng tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali, bahkan sudut oleng akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal akan bertambah miring lagi bahkan bisa menjadi terbalik/capsize.



Gambar 2.3 Kondisi Stabilitas Negatif
(Sumber : (Resnaji, 2018))

Kriteria stabilitas yang digunakan pada perhitungan mengacu pada IS (*Intact Stability*) Code Ch 3.1 yaitu:

a. $e_{0\ 30^\circ} \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Persyaratan dimana luas area dibawah kurva GZ pada sudut $0-30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$.

b. $e_{0\ 40^\circ} \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Persyaratan dimana luas area dibawah kurva GZ pada sudut $0-40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$.

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

Persyaratan dimana luas area dibawah kurva GZ pada sudut $30-40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$.

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

Persyaratan dimana pada sudut oleng 30° , lengan GZ $\geq 0.2 \text{ meter}$.

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

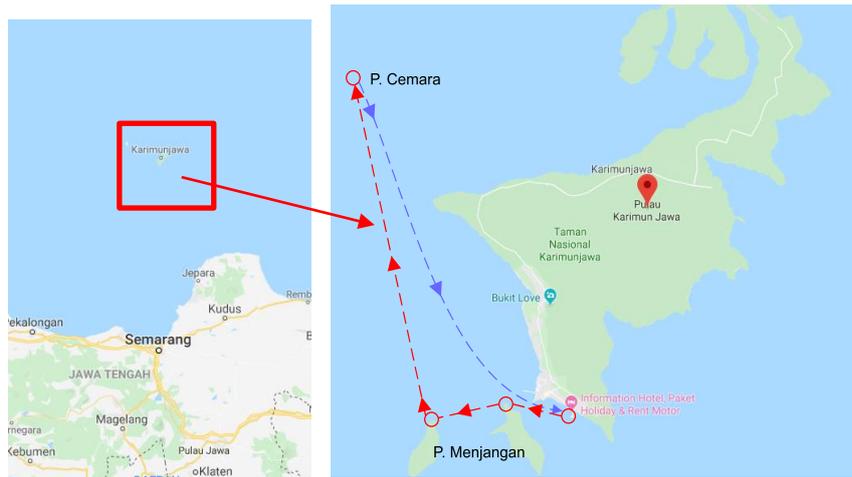
Persyaratan dimana nilai GZ maksimum harus terletak pada sudut oleng $\geq 25^\circ$.

f. $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Persyaratan dimana tinggi jari-jari metasenter awal $GM_0 \geq 0.15 \text{ meter}$.

2.4. Pulau Karimunjava

Kepulauan Karimunjava terletak di sebelah Timur Laut kota Semarang tepatnya pada posisi $50\ 40' - 50\ 57' \text{ LS}$ dan $11.00\ 4' - 11.00\ 40' \text{ BT}$. Kepulauan Karimunjava termasuk dalam wilayah administrasi Kecamatan Karimunjava, Kabupaten Jepara. Luas wilayah daratan dan perairan Taman Nasional Karimunjava adalah 111.625 hektar, berupa gugusan pulau sebanyak 22 buah, di mana terdapat empat pulau berpenghuni yaitu Pulau Karimunjava, Pulau Kemujan, Pulau Parang dan Pulau Nyamuk. Aktivitas ekonomi di Taman Nasional Laut Karimunjava adalah kegiatan ekowisata dengan daya tarik wisata bahari berupa keindahan pemandangan bawah laut. Dalam beberapa tahun terakhir, Taman Nasional Laut Karimunjava mengalami kenaikan jumlah wisatawan yang sangat pesat. Hal ini berkaitan dengan mulai meluasnya kabar tentang potensi wisata yang ada di daerah tersebut. (Fakhira, 2020.)



Gambar 2.4 Rute pelayaran Pulau karimunjawa, Pulau Menjangan, Pulau Cemara
Sumber : (Google)

2.5. Kapal Penumpang

Kapal penumpang adalah kapal yang difungsikan untuk angkutan penumpang. Kapal penumpang berperan penting sebagai penghubung dari satu tempat ke tempat lain yang dipisahkan oleh perairan. Untuk melayani keperluan penyeberangan kapal penumpang dapat berupa kapal *ferry* dengan rute pendek atau untuk ukuran yang lebih besar dan jarak tempuh relatif panjang dapat berupa kapal pesiar. (Hidayat, 2016.) Seperti pada Gambar 2.5 merupakan kapal penumpang yang berfungsi sebagai kapal penyebrangan di pulau Karimunjawa. Pada Tugas Akhir ini kapal yang nantinya akan didesain tidak hanya digunakan sebagai moda transportasi umum, melainkan wisatawan dapat menyewa kapal sebagai sarana untuk menikmati keindahan bahari di sekitar pulau Karimunjawa. Wisatawan dapat menyewa pada pagi dan sore hari untuk kegiatan *snorkeling*.



Gambar 2.5 Kapal penyebrangan Kendal-Karimunjawa
Sumber : (<https://hellokarimun.com>)

2.6. *High Density Polyethylene (HDPE)*

High Density Polyethylene (HDPE) merupakan salah satu jenis plastik yang memiliki kekakuan lebih tinggi dibanding jenis plastik lain. Jenis plastik ini memiliki sifat lebih tahan benturan dan lebih kaku. HDPE memiliki *density* 59.88 lbs/ft³ dengan titik leleh 259-267 °F atau sekitar 126.11 °C. Pengaplikasian HDPE biasa digunakan untuk bahan baku tandon air, kontainer makanan, dan pipa instalasi bawah tanah. Pada umumnya produk berbahan HDPE memiliki logo daur ulang dengan angka 2 di tengah, serta terdapat tulisan HDPE (*high density polyethylene*) di bawahnya. (Hidayat, 2016.)



Gambar 2.6 Logo HDPE
Sumber : (<https://www.esaja.com>)

2.7. **Perbandingan Plastik HDPE dan *Fiberglass***

HDPE merupakan salah satu bahan plastik yang aman untuk digunakan karena kemampuan untuk mencegah reaksi kimia antara kemasan plastik berbahan HDPE dengan makanan/minuman yang dikemas. HDPE memiliki sifat bahan yang lebih kuat, keras, buram dan lebih tahan terhadap suhu tinggi. (Hidayat, n.d.)

Terdapat beberapa alasan untuk menjadikan HDPE sebagai bahan utama lambung kapal yakni memiliki *buoyancy* yang lebih dikarenakan HDPE lebih ringan massa jenisnya dibandingkan air sekitar 930-970 kg/m³ bahkan plastik akan tetap mengapung apabila diisi dengan air/*submerged*, tahan terhadap korosi, tahan terhadap pertumbuhan *biofouling*, tahan terhadap cairan kimia yang agresif, tahan terhadap beban impak sehingga tidak perlu khawatir dengan bebatuan tajam, serta tahan terhadap sinar UV dikarenakan HDPE untuk lambung kapal akan dicampurkan dengan karbon yang dapat mencegah material menjadi *brittle* karena sinar matahari. (“Tidemanboats.Com,” 2018.) Untuk lebih jelasnya mengenai sifat mekanis dari bahan HDPE dapat dilihat pada Tabel II. 1 berikut ini.

Gambar 2.7 Mechanical Properties of HDPE

Property	Properties of HDPE	Unit	Test Method
<i>Density</i>	0.946 to 0.972	g/cm ³	ASTM D-792
<i>Melt Mass Flow Rate</i>	0.030 to 10 (190°C/2.16 kg)	g/10 min	ISO 1133
<i>Tensile Yield Stress</i>	min 17	N/mm ²	ASTM D-638
<i>Tensile Break Stress</i>	min 14	N/mm ²	ASTM D-638
<i>Ultimate Tensile Stress</i>	min 24	N/mm ²	ASTM D-638
<i>Tensile Elongation at Yield</i>	1.0 to 27	%	ASTM D-638
<i>Tensile Elongation at Break</i>	10 to 1500	%	ASTM D-638
<i>Tensile Creep Modulus</i>	292 (After 1000 hrs)	N/mm ²	ISO 899-1
<i>Compressive Stress</i>	20	N/mm ²	ASTM D-695
<i>Shear Strength</i>	18	N/mm ²	ASTM D-792
<i>Flexural Strength</i>	40	N/mm ²	ASTM D-790
<i>Flexural Modulus</i>	750	N/mm ²	ASTM D-790

Berdasarkan sifat mekanis HDPE pada Tabel II. 1, Salah satu perusahaan manufaktur kapal berbahan HDPE, *Rhino Marine Products (Pty) Ltd* telah membandingkan keunggulan bahan HDPE dari beberapa aspek dibandingkan dengan Aluminium dan *Fibreglass* seperti pada Tabel 2.1 di bawah ini:

Tabel 2.1 Perbandingan HDPE dengan Aluminium dan *Fibreglass*

<i>Application</i>	<i>Aluminium Boats</i>	HDPE Rhino Boats	<i>Fibreglass RIB</i>
<i>Impact Resistance</i>	<i>Good</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>Repair Ability</i>	<i>Good</i>	<i>Excellent</i>	<i>Good</i>
<i>Mass</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>	<i>Good</i>
<i>General Abuse Resistance</i>	<i>Poor</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>UV Resistance</i>	<i>Excellent</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>Maintenance</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>
<i>Sandy Beach Landing</i>	<i>good</i>	<i>good</i>	<i>Good</i>
<i>Rocky Beach Landing</i>	<i>Poor</i>	<i>Excellent</i>	<i>Poor</i>
<i>Puncture Resistance</i>	<i>poor</i>	<i>excellent</i>	<i>Poor</i>

Bahan *fiberglass* merupakan salah satu bahan yang biasa digunakan sebagai bahan pembuatan kapal. Pemilihan bahan *fiberglass* sebagai bahan dasar karena *fiberglass* memiliki beberapa keunggulan dibanding penggunaan material *steel* lain, seperti baja dan aluminium.

Beberapa keunggulan *fiberglass* antara lain:

- a. Memiliki ketahanan terhadap bahan kimia.
- b. Biaya produksi relatif rendah.
- c. Proses produksi lebih cepat dibandingkan produksi kapal dengan menggunakan baja atau aluminium.
- d. Termasuk *polimer termosetting*, yaitu tidak meleleh atau berubah bentuk ketika dipanaskan.
- e. Mudah dibentuk sesuai dengan keinginan.

Sedangkan kelemahan dari bahan *fiberglass* antara lain

- a. Menyebabkan gangguan kesehatan (pernafasan), karena proses produksi *fiberglass* merupakan hasil pencampuran bahan-bahan kimia seperti resin, kobalt dan katalis. Proses kimiawi tersebut akan membentuk kristal *glass* yang mengakibatkan jika terhirup dapat berbahaya bagi pernafasan.
- b. Hasil reparasi tidak bertahan lama dan lebih mahal.
- c. Produk *recycling* tidak sekuat produk awal karena termasuk reaksi searah. (wikipedia, 2015).

Hal tersebut yang menyebabkan perlu adanya pengembangan bahan dasar pembuatan kapal, terutama sebagai pengganti bahan *fiberglass* yang lebih ramah lingkungan. HDPE merupakan pengganti bahan dasar yang tepat karena memiliki sifat sebagai berikut:

- a. Seperti halnya *fiberglass*, HDPE merupakan bahan yang tidak dapat berkarat dan tidak terpengaruh oleh elektrolisis menyebabkan produk HDPE *zero maintenance*.
- b. Tidak memerlukan anti fouling.
- c. HDPE merupakan dengan daya apung tinggi karena density massanya dapat berkisar 0,93-0,97 g/cm³. Dengan kepadatan rendah HDPE lebih ringan dari air, menjadikan kapal HDPE dapat memiliki kapasitas beban lebih.
- d. HDPE hampir tidak dapat dipengaruhi oleh cairan agresif(kimiawi).
- e. Tahan terhadap benturan karena memiliki karakteristik kental dan elastis.
- f. HDPE mudah diperbaiki.

- g. HDPE 100% *recycleable*. Berbeda dengan alumunium dan fiber, HDPE dapat dilebur dan didaur ulang dalam campuran *PE(polyethylen)* baru. (DutchWorkBoats, 2014)

2.8. Kapal HDPE

Kapal HDPE adalah kapal yang terbuat dari material *thermoplastic*, dimana *High Density Poly-Ethylene* (HDPE) merupakan salah satu polietilena termoplastik yang dapat didaur ulang, dan memiliki nomor 2 pada simbol daur ulang. (Iqbal, 2019)



Gambar 2.8 HDPE Patrol Boat
Sumber (<http://www.hdpeboat.com>)

Produksi kapal *polietylene* densitas tinggi memiliki dua metode utama, yaitu metode *rotating molding* dan metode pengelasan. Metode *rotating molding* merupakan metode pertama yang digunakan untuk memproduksi kapal *polietylene*. Penggunaan cetakan berbahan pelat baja yang nantinya akan dipanaskan dan diputar, hal tersebut bertujuan agar bijih plastik yang telah meleleh dapat menempel dipermukaan cetakan. Metode kedua adalah metode dengan pengelasan. Ada tiga jenis utama dari pengelasan HDPE, *Butt Welding*, *Tack Welding* dan *Extrusion Welding*. Dalam proses fabrikasi, banyak digunakan *tack* dan *extrusion welding*. *Tack welding* digunakan terutama untuk penyambungan bagian ke posisinya yang kemudian akan dilakukan *extrusion welding* untuk menyatuhkan bagian-bagian kapal. Semua pengelasan disiapkan dengan *roughened V-mitre*. Mesin las *extrusion welding* terdiri dari *nozzle* yang menghembuskan udara panas untuk melelehkan bahan induk di *V-mitre* ke *plastic welding rod*. (Hidayat, 2016.)

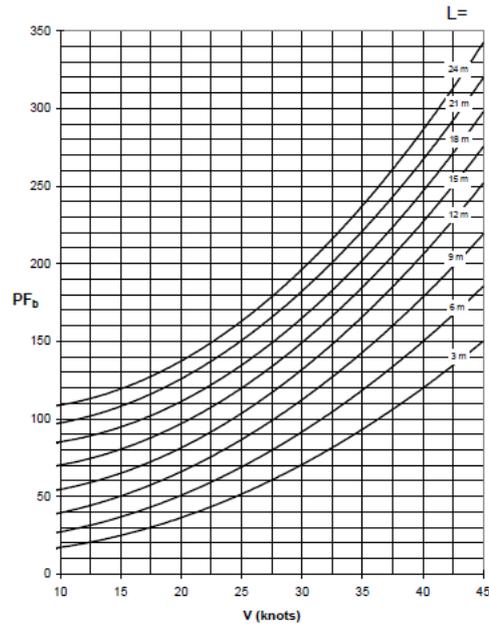


Gambar 2.9 Proses *Rotation Moulding* HDPE
Sumber : (youtube – *pioner boats polyethynene rotational moulding*)

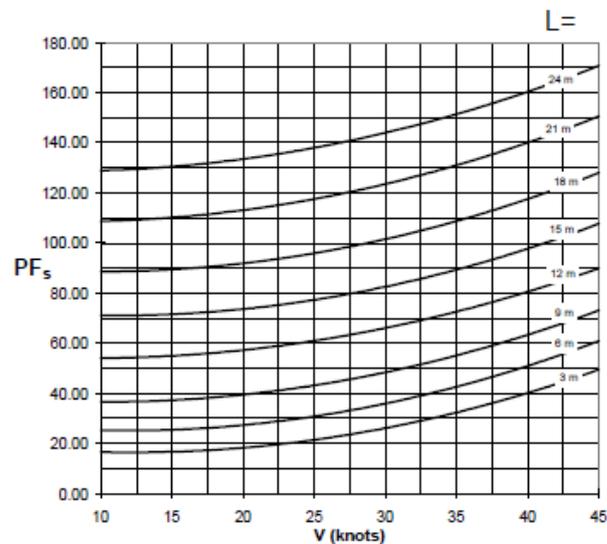


Gambar 2.10 Proses pengelasan HDPE
Sumber : (youtube – *welding HDPE*)

Perancangan pada Tugas Akhir ini akan menggunakan proses produksi dengan pengelasan atau *welding* seperti terlihat pada Gambar 2.10. Hal ini dikarenakan proses *moulding* membutuhkan biaya yang lebih mahal dan juga terdapat banyak keterbatasan untuk bentuk lambung karena mempertimbangkan pelepasan lambung kapal dari cetakan. Sedangkan dengan proses *Welding* seperti yang diproduksi oleh PT. Floaton Bahari Indonesia keterbatasannya hanya pada panjang kapal yakni maksimal sampai 24 meter, sementara untuk bentuk lambung tidak terdapat limitation pada proses produksi. (Iqbal 2019) Dasar dari penentuan *limitation* ukuran maksimal panjang kapal ($L=24$ meter) pada kapal bahan dasar HDPE mengacu pada regulasi DNV-GL dimana koefisien *pressure factor* untuk *design load* dimulai dari kapal dengan panjang 3 meter – 24 meter seperti terlihat pada Gambar 2.10 dan Gambar 2.11 berikut ini:



Gambar 2.11 Diagram Pressure Factor Pelat Bottom
(sumber : DNV-GL Standard 2-21)



Gambar 2.12 Diagram Pressure Factor Pelat Side
(sumber : DNV-GL Standard 2-21)

2.9. Hybrid System

Seiring dengan pesatnya perkembangan teknologi, mulai dikembangkan teknologi dimana lebih ramah lingkungan serta tidak menghasilkan emisi seperti pengalihan penggunaan mesin diesel menuju pada penggunaan mesin elektrik.

Sistem Hibrida pada kapal ini mengacu pada sistem yang sudah diterapkan pada kapal Energy Observer. Energy Observer merupakan salah satu organisasi yang membuat inovasi di bidang energi terbarukan untuk digunakan di kapal. Energy Observer mengonversi kapal yang sebelumnya merupakan *racing boat* menjadi kapal penelitian

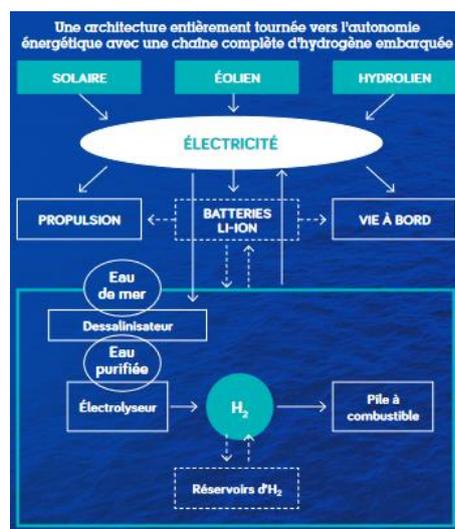
pertama di dunia yang menggunakan tenaga berupa gas hidrogen yang diproduksi langsung di kapal. Berikut adalah kapal Energy Observer pada Gambar 2.14.



Gambar 2.13 Kapal Energy Observer
(sumber : Press Kit Energy Observer)

Seperti yang terlihat pada gambar 2.7 kapal Energy Observer merupakan kapal *catamaran* yang dimodifikasi dengan penambahan *Photovoltaic Panel/Cell* pada hampir seluruh bagian permukaan kapal dan juga penambahan dua buah VAWT pada kedua sisi kapal. Kapal ini memiliki spesifikasi $L = 30.5$ m, $W = 12.8$ m (antar kedua lambung *catamaran*) dengan *displacement* sebesar 30 ton dan kecepatan dinas 8-10 knot.

Misi utama dari kapal penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa dalam berkeliling dunia dengan daya yang berasal dari energi terbarukan mampu digunakan dalam melakukan ekspedisi selama 6 tahun, mengunjungi 50 negara, dengan 101 pemberhentian dimulai dari tahun 2017 hingga 2022. (Erussard, 2018) salah satu destinasi yang menjadi pemberhentian kapal ini ialah Indonesia yang dijadwalkan pada tahun 2022. Gambar 2.13 berikut ini adalah sistem hibrida kapal Energy Observer.



Gambar 2.14 Sistem *Hybrid on-board*
Sumber : (www.energy-observer.org)

Seperti terlihat pada Gambar 2.14, listrik yang merupakan daya utama pada kapal Energy Observer diperoleh dari tiga sumber energi terbarukan yakni SOLARIE (matahari), EOLIEN (Angin), dan HYDDROLIEN (Hidrogen).

2.9.1. Proses Produksi Hidrogen

Salah satu sumber tenaga listrik dari kapal hibrida yang akan didesain ialah berasal dari *fuel cell* dengan bahan bakar utama gas hidrogen yang langsung diproduksi *on-board*. Proses produksi gas hidrogen dari air laut dibagi menjadi tiga, yakni:

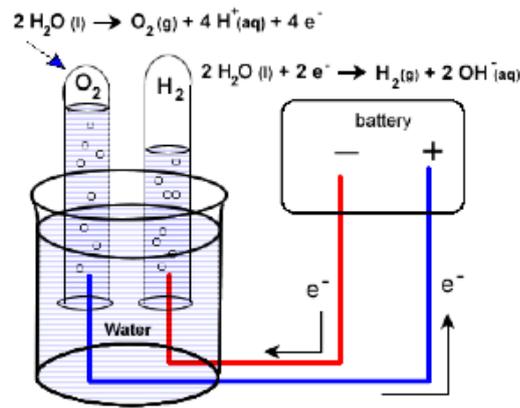
A. Proses Desalinasi

Sumber utama dalam proses produksi gas hidrogen merupakan air laut/*seawater* yang masuk ke dalam tanki *seawater* melalui *seachest* pada lambung kapal. Mekanisme air laut yang masuk ke dalam tanki ialah dengan membuka *valve*, maka air laut akan masuk ke dalam tanki melalui beberapa *strainer* agar kotoran-kotoran, ikan dan juga komponen selain air laut tidak ikut masuk ke dalam tanki. Pada saat tanki sudah penuh maka ditunggu beberapa saat agar kotoran dan zat lain yang masih lolos dari proses penyaringan mengendap pada bagian bawah tanki, lalu dilakukan proses desalinasi dengan alat desalinator.

Prinsip kerja desalinator pada dasarnya ialah memurnikan air laut menjadi airtawar (H_2O) dengan menyisahkan campuran lain pada air laut seperti kandungan mineral, garam, serta zat-zat residu lainnya.

B. Proses Elektrolisis

Setelah air laut dimurnikan menjadi *fresh water* melalui proses desalinasi, maka selanjutnya akan dilakukan reaksi elektrolisis untuk mengubah H_2O yang merupakan cairan/*liquid* menjadi gas hidrogen dan gas oksigen yang disebut reaksi hidrolisis. Reaksi elektrolisis membutuhkan sejumlah energi listrik untuk melepaskan ion-ion yang berikatan pada suatu senyawa. Listrik yang dialirkan pada sel elektrolisis akan menghasilkan ion-ion yang terbentuk pada elektroda positif (anoda) dan juga elektroda negatif (katoda). Ilustrasi proses elektrolisis air (H_2O) terlihat seperti pada Gambar 2.14 berikut ini:



Gambar 2.15 Proses Elektrolisis H₂O
(sumber : www.chem.libretexts.org)

C. Proses Kompresi

Dikarenakan pada keadaan standar/suhu ruangan (STP) sifat dari gas hydrogen memiliki densitas sangat rendah yaitu hanya $\rho_{\text{H}_2} = 0,08988 \text{ kg/m}^3$ hal ini dikarenakan gas hidrogen memiliki massa atom paling ringan dengan $A_r = 1$, maka pada umumnya penyimpanan gas hidrogen berada pada tekanan yang tinggi untuk menaikkan densitas gas hidrogen sehingga dibutuhkan proses kompresi untuk memampatkan volume gas hidrogen. Penyimpanan gas hidrogen pada umumnya berada pada kisaran tekanan 150-350 bar atau lebih. Densitas gas hidrogen yang lebih tinggi akan menghasilkan energy yang lebih tinggi pada reaksi kimia yang akan terjadi pada *fuel cell*.

2.9.2. Fuel Cell

Fuel cell merupakan sebuah sel elektrokimia yang dapat mengubah energi kimia dari bahan bakar menjadi energi listrik dengan melalui reaksi elektrokimia dengan bahan bakar utama gas hidrogen dan oksigen/gas oksida lainnya. Konsep ini berbeda dengan baterai karena energi kimia pada baterai berasal dari bahan kimia yang sudah ada didalam baterai sementara pada *fuel cell* energi kimia dihasilkan dari bahan bakar gas hidrogen yang akan terus menghasilkan energi listrik selama bahan bakar tersedia. (L. Van Biert, 2016)

Fuell cell secara umum mempunyai reaksi kimia $2\text{H}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$, dan *fuel cell* juga dibedakan menjadi beberapa jenis yakni :

A. Alkaline Fuel Cell (AFC)

AFC merupakan jenis *fuel cell* yang pertama dikembangkan, dan paling terkenal untuk digunakan Angkutan luar angkasa NASA. AFC juga merupakan *fuel cell* pertama

yang digunakan untuk menggerakkan kapal penumpang, *The Hydra*, dengan daya 5kW AFC. *Output* daya dari AFC yang khas adalah 1 – 5 kW, namun belakangan ini dilakukan pengujian hingga *output* daya 200 kW dari AFC.

AFC terdiri dari anoda Nikel, katoda Perak dan larutan elektrolit alkali seperti Kalium Hidroksida, KOH yang dapat dimobilisasi atau diimobilisasi dalam matriks. Pada AFC, gas hidrogen (H₂) dan oksigen (O₂) dan hidroksil ion (OH⁻) diangkut melalui elektrolit dari katoda ke anoda. Hidrogen dan oksigen yang akan dialirkan ke AFC harus memiliki kemurnian yang sangat tinggi untuk menghindari degradasi AFC . (Thomas Tronstad, 2017)

B. Protonr Exchange Membrane Fuel Cell (PEMFC)

PEMFC telah digunakan secara luas dalam banyak aplikasi, digunakan dalam beberapa mobil dan kapal penumpang Alsterwasser dengan *output* daya 96 kW dan kapal selam kelas 212A milik Jerman dengan masing-masing modul memiliki *output* daya 30-50 kW. PEMFC juga telah digunakan di kapal lain dengan output daya mulai dari 12-60 kW. PEMFC menggunakan elektroda berbasis Platinum dan elektrolitnya merupakan membran polimer yang dilembabkan yang merupakan isolator listrik, tetapi dapat menyerap ion hidrogen (H⁺). Suhu pengoperasian PEMFC berkisar antara 50-100 ° C, hal ini dikarenakan suhu di atas 100 ° C tidak layak karena membran harus tetap lembab.

PEMFC menggunakan hidrogen dan oksigen, dan menghasilkan air, listrik dan panas. Jika ingin menggunakan sumber bahan bakar selain hidrogen, maka perlu diubah terlebih menjadi hidrogen sebelum injeksi ke PEMFC. Hal ini yang mendasari proses perubahan dari air laut menjadi air tawar lalu diubah menjadi gas hidrogen pada sistem kapal yang akan dirancang di Tugas Akhir ini. (Tomas Tronstad, 2017) Berikut ini reaksi utama pada PEMFC:

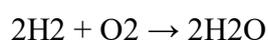
Reaksi pada anoda:



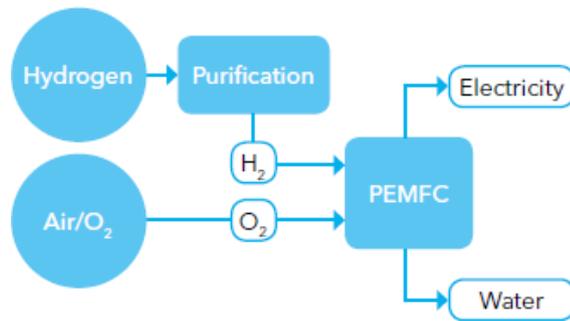
Reaksi pada katoda:



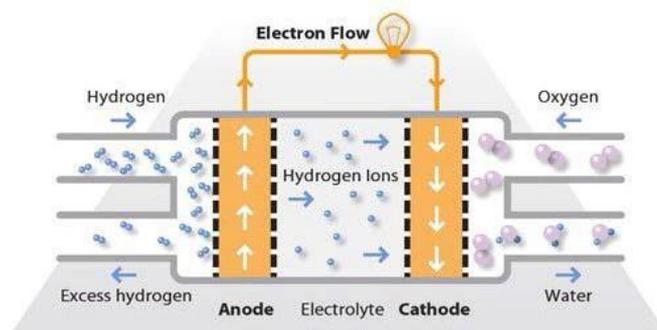
Reaksi total:



Proses reaksi kimia dari PEMFC untuk menghasilkan listrik akan ditunjukkan pada dibawah ini:



Gambar 2.16 *Flow Chart PEMFC System*
(Sumber : (Thomas Tronstad), 2017)



Gambar 2.17 Skema reaksi Kimia PEMFC
(sumber : (Tomas Tronstad), 2017)

PEMFC memiliki dua jenis berdasarkan suhu operasionalnya, yakni low temperature dan high-temperature. Perbedaan mendasar pada HT-PEMFC ialah suhu operasional yang mencapai 200°C dan juga penggunaan elektrolit berupa asam mineral yang berbeda dengan PEMFC yang berbasis air/kelembaban. Sedangkan untuk reaksi LT-PEMFC dan HT-PEMFC tidak ada perbedaan.

C. Direct Methanol Fuel Cell (DMFC)

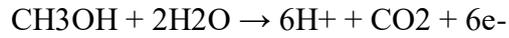
DCFC menggunakan metanol secara langsung tanpa mereformasi menjadi hidrogen. Seperti PEMFC, DMFC juga memiliki membran polimer elektrolit. Elektroda pada DMFC memiliki katalis Platinum-Ruthenium yang dapat secara langsung memanfaatkan hidrogen dalam campuran metanol (CH₃OH) untuk menghasilkan listrik. DMFC secara umum baik digunakan untuk menghantarkan listrik dengan jumlah kecil dalam waktu yang lama, dan output daya hingga 5 kW. DMFC biasanya beroperasi pada kisaran suhu 50-120 ° C. Suhu dan tekanan yang lebih tinggi dapat meningkatkan efisiensi DMFC, tetapi akan meningkatkan energy losses secara keseluruhan pada sistem, dan manfaatnya hilang.

DMFC menggunakan metanol yang lemah dicampur ke dalam larutan air dengan konsentrasi hanya sekitar 3% sebagai bahan bakar. Pada DMFC, penggunaan etanol

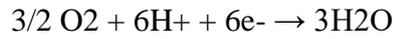
sebagai bahan bakar, maka oksidasi pada anoda menyebabkan terbentuknya emisi CO₂.

(Tomas Tronstad, 2017) Berikut ini reaksi utama dalam DMFC:

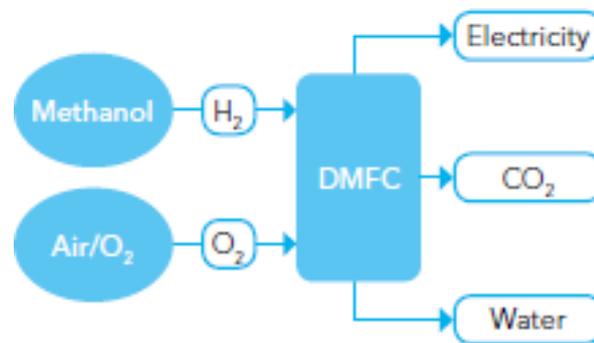
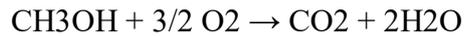
Reaksi pada anoda:



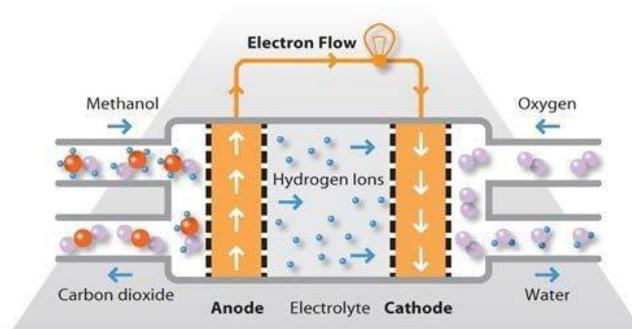
Reaksi pada katoda:



Reaksi total:



Gambar 2.18 Flow Chart DMFC System
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



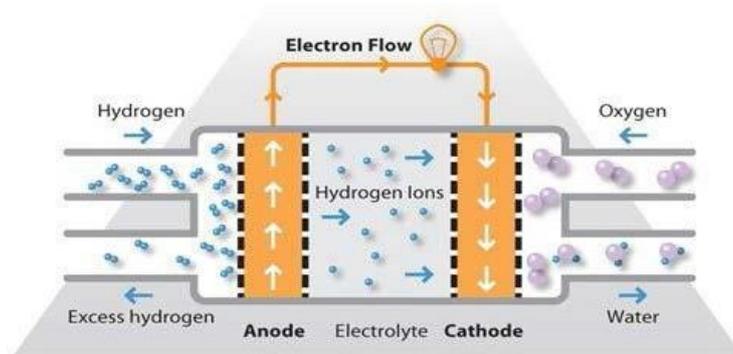
Gambar 2.19 Skema Reaksi Kimia DMFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Seperti terlihat pada Gambar 2.17 bahwa DMFC memiliki kelemahan yakni hasil reaksi kimia menghasilkan emisi berbahaya berupa CO₂ yang menjadi polusi bagi lingkungan sekitar.

D. Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)

PAFC merupakan *fuel cell* pertama yang dapat beroperasi dengan suhu yang lebih tinggi, hingga 200°C. Peningkatan suhu berarti bahwa panas berlebih dari *fuel cell* dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan efisiensi keseluruhan sistem sekitar 40% (efisiensi kelistrikan) hingga 80%. PAFC memiliki elektrolit berupa Asam Fosfat di dalam suatu

struktur Silikon Karbida dan elektroda yang terbuat dari Platinum tersebar pada Karbon. Presentasi skematik reaksi kimia dalam PAFC ditunjukkan pada Gambar 2.19 dibawah ini:



Gambar 2.20 Skema Reaksi Kimia PAFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

PAFC menggunakan hidrogen sebagai bahan bakar dalam kondisi asam, reaksi utama yang terjadi pada PAFC sama dengan PEMFC, sebagai berikut:

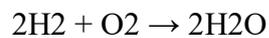
Reaksi pada anoda:



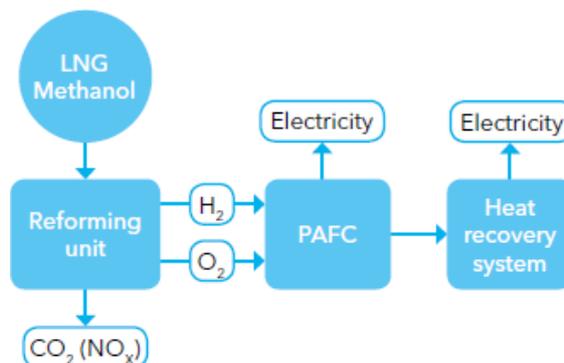
Reaksi pada katoda:



Reaksi total:



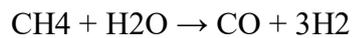
Dikarenakan suhu yang lebih tinggi, sumber bahan bakar selain dari hidrogen murni juga dapat digunakan, seperti LNG dan metanol namun, hidrokarbon perlu direformasi dalam tahap terpisah sebelum diinjeksi ke PAFC. Sistem PAFC yang menggunakan LNG, metanol atau hidrokarbon lain akan mencakup reformer dan sistem pemulihan panas, (Tomas Tronstad, 2017) seperti terlihat pada Gambar 2.20 berikut ini:



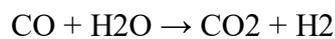
Gambar 2.21 Flow Chart PAFC System
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Dalam PAFC sistem pemulihan panas seperti yang terlihat pada Gambar 20 biasanya akan menjadi sistem turbin uap. Reformasi uap akan mengonversi LNG (terutama gas Metana/CH₄) menjadi Karbon Monoksida dan Hidrogen. Sebuah sistem pergantian air menjadi gas juga dapat digunakan untuk mengkonversi CO₂ dan lebih banyak Hidrogen. Reformasi uap merupakan sebuah proses yang membutuhkan energi sehingga perlunya daya tambahan untuk sistem ini, adapun reaksi pada reformasi uap dan pergantian air menjadi gas adalah sebagai berikut:

Reformasi uap:



Reaksi pergantian air menjadi gas:



E. Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)

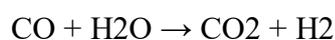
MCFC merupakan fuel cell bersuhu tinggi yang beroperasi pada suhu antara 600-700°C. Elektrolit pada MCFC adalah Garam Karbonat cair, dan tidak memerlukan katalis berupa logam mulia. Anoda pada MCFC biasanya merupakan paduan Nikel dan katodanya berupa Oksida Nikel dengan Lithium yang dipadukan ke dalam strukturnya. MCFC telah digunakan dalam proyek FellowSHIP dengan daya 320 kW menggunakan LNG pada kapal Viking Lady, sedangkan di SSFC milik Amerika memiliki daya 625 kW (pengembangan konsep) dan dalam proyek MC-WAP memiliki daya 150 kW menggunakan diesel.

Suhu tinggi membuat MCFC fleksibel terhadap pilihan bahan bakar, dapat menggunakan LNG, gas buang dari pembakaran Batu Bara dan juga Hidrogen. Pada MCFC tambahan peralatan untuk mereformasi tidak diperlukan, karena reformasi terjadi didalam MCFC itu sendiri. Penggunaan bahan bakar berupa hidrokarbon pada MCFC dapat menyebabkan emisi CO₂. Reaksi pada reformasi internal LNG adalah sebagai berikut ini:

Reformasi uap:



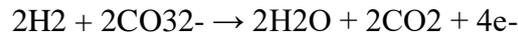
Reaksi pergantian air menjadi gas:



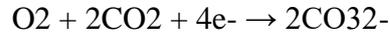
Reaksi total:



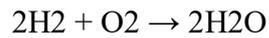
Sementara itu reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda MCFC adalah: Reaksi pada anoda:



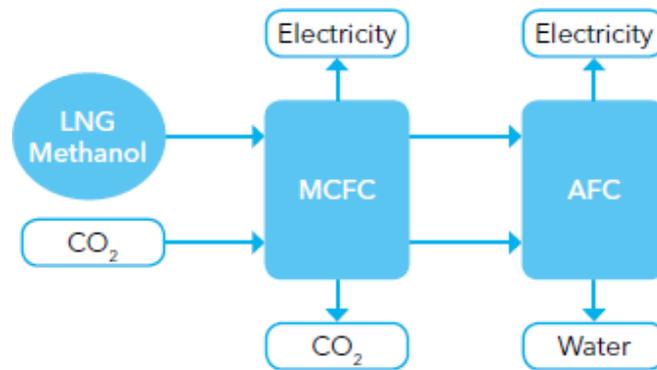
Reaksi pada katoda:



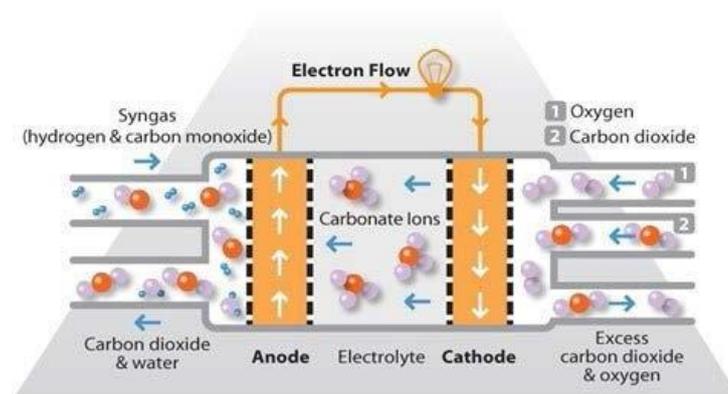
Reaksi total:



Seperti PAFC, MCFC cocok digunakan untuk sistem pemulihan panas dikarenakan gas buang dapat digunakan untuk burner atau turbin gas, dan lebih banyak energi bisa diekstrak dalam turbin uap. Efisiensi listrik pada MCFC sekitar 50%, tetapi efisiensi total untuk sistem MCFC bisa mencapai 85%. Alur untuk proses yang terjadi pada sistem MCFC dapat lebih jelas diamati pada Gambar II. 42 dibawah ini:



Gambar 2.22. Flow Chart MCFC System
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



Gambar 2.23 Skema Reaksi Kimia MCFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

F. Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)

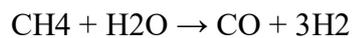
SOFC merupakan salah satu jenis fuel cell yang dapat beroperasi pada suhu paling tinggi, yakni pada suhu antara 500-1000°C. Pada SOFC elektrolitnya berbahan

keramik yang memiliki pori-pori. Seperti MCFC, SOFC menggunakan paduan Nikel sebagai anoda, tetapi katoda biasanya dibuat dari Lanthanum Strontium Manganite, dikarenakan bahan itu memiliki pori-pori yang dibutuhkan dan kompatibel dengan elektrolit keramik.

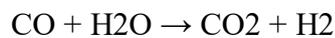
SOFC umumnya digunakan dalam produksi listrik di darat skala besar, dengan kapasitas maksimal hingga 10 MW. Beberapa proyek telah mencoba mengembangkan SOFC untuk penggunaan maritim, termasuk Methapu, Felicitas dan juga proyek Schibz. SOFC juga memiliki fleksibilitas yang sama terhadap bahan bakar seperti MCFC, dapat menggunakan Hidrogen, LNG, Metanol dan juga Hidrokarbon pada mesin diesel.

Reformasi hingga menjadi syngas (hidrogen dan karbon monoksida) terjadi dalam SOFC. Berbeda dengan MCFC, pada SOFC tidak dibutuhkan penambahan CO₂ pada katoda. Emisi dari SOFC adalah CO₂, tetapi dapat dihilangkan jika hidrogen digunakan sebagai bahan bakar utama. Berikut ini adalah reaksinya yang terjadi pada reformasi internal LNG:

Reformasi uap:



Reaksi pergantian air menjadi gas:

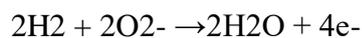


Reaksi total dari reformasi:

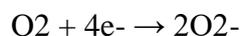


Sementara itu reaksi yang terjadi pada anoda dan katoda SOFC adalah:

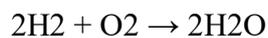
Reaksi pada anoda:



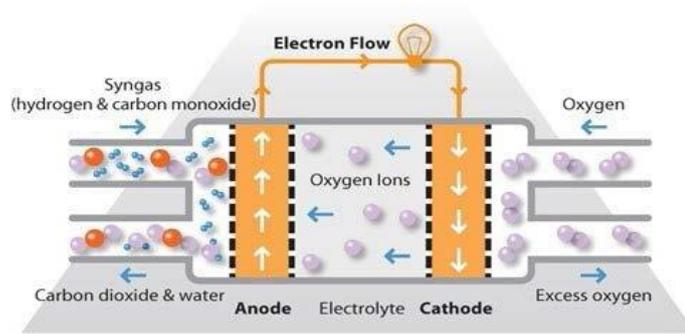
Reaksi pada katoda:



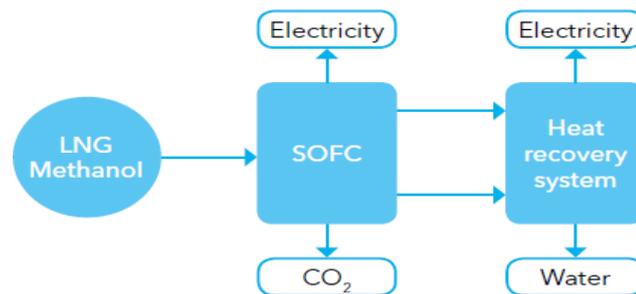
Reaksi total:



Penjelasan mengenai reaksi kimia pada SOFC dan juga alur dari mulai bahan bakar LNG, Metanol dan lainnya akan dijelaskan pada Gambar 2.23 dan Gambar 2.24 dibawah ini:

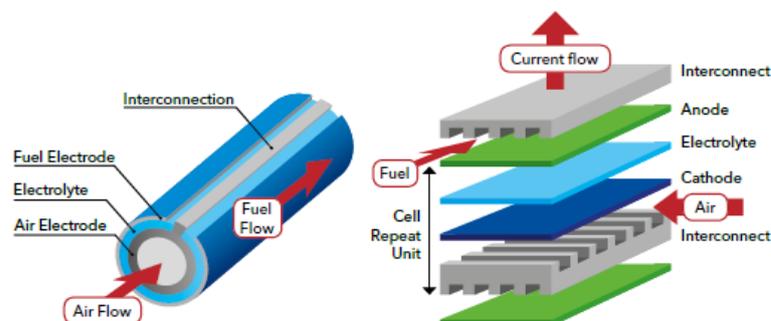


Gambar 2.24 Skema Reaksi Kimia SOFC
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))



Gambar 2.25 Flow Chart SOFC System
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Efisiensi listrik yang dihasilkan oleh SOFC cukup tinggi, sekitar 60%, dan bisa meningkat hingga 85% atau lebih tinggi jika sistem pemulihan panas diterapkan. Terdapat dua bentuk geometri untuk SOFC yaitu planar dan tubular. Masing-masing bentuk SOFC memiliki keuntungan yakni SOFC berbentuk tubular/tabung lebih stabil dan tahan terhadap siklus termal sedangkan SOFC berbentuk planar juga dianggap menguntungkan secara desain karena memiliki kepadatan energi yang lebih tinggi dan mudah untuk diproduksi. Adapun bentuk dari SOFC tubular dan planar adalah seperti Gambar 2.46 dibawah ini:



Gambar 2.26 SOFC Tabular (Kiri) dan Planar (Kanan)
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

Dari semua jenis fuel cell yang sudah dikembangkan, maka dilakukan penelitian lebih lanjut oleh DNV-GL dalam menentukan jenis fuel cell mana yang tepat digunakan dalam pengaplikasian di bidang maritim dengan pertimbangan dari beberapa aspek yaitu:

1. Biaya total yang dibutuhkan,
2. Daya yang dihasilkan dari tiap modulnya,
3. Umur pakai,
4. Bahan bakar yang digunakan,
5. Ukuran,
6. Sensitivitas terhadap kemurnian bahan bakar,
7. Emisi yang dihasilkan,
8. Aspek keamanan,
9. Efisiensi listrik yang dihasilkan.

Perbandingan spesifikasi dapat dilihat pada Gambar 2.28 serta untuk pembobotan/skor dari masing-masing jenis fuel cell dapat dilihat pada dan Gambar 2.29 berikut ini:

Technology	Relative cost	Module Power levels (kW)	Lifetime	Tolerance for cycling	Fuel	Maturity	Size	Sensitivity to fuel impurities	Emissions	Safety Aspects	Efficiency
Alkaline fuel cell (AFC)	Low	Up to 500 kW	Moderate	Good	High purity hydrogen	High, experience from several applications including one ship	Small	High	No	Hydrogen	50-60 % (electrical)
Phosphoric acid fuel cell (PAFC)	Moderate	100-400 kW	Excellent	Moderate	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	High, extensive experience from several applications	Large	Medium	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (up to 200 C), Hydrogen and CO in reforming unit	40 % (electrical) 80 % (with heat recovery)
Molten carbonate fuel cell (MCFC)	High	Up to 500 kW	Good	Low	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	High, extensive experience from several applications including ships	Large	Low	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (600-700 C), Hydrogen and CO in cell from internal reforming	50 % (electrical) 85 % (with heat recovery)
Solid oxide fuel cell (SOFC)	High	20-60 kW	Moderate	Low	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	Moderate, experience from several applications including ships	Medium	Low	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (600-700 C), Hydrogen and CO in cell from internal reforming	60 % (electrical) 85 % (with heat recovery)
Proton Exchange Membrane fuel cell (PEMFC)	Low	Up to 120 kW	Moderate	Good	Hydrogen	High, extensive experience from several applications including ships	Small	Medium	No	Hydrogen	50-60 % (electrical)
High Temperature PEM fuel cell (HT-PEMFC)	Moderate	Up to 30 kW	Unknown	Good	LNG, Methanol, Diesel, Hydrogen	Low, experience some applications including ships	Small	Low	CO ₂ and low levels of NO _x if carbon fuel is used.	High temperature (up to 200 C), Hydrogen and CO in reforming unit	50-60 % (electrical)
Direct methanol fuel cell (DMFC)	Moderate	Up to 5 kW	Moderate	Good	Methanol	Under development	Small	Low	CO ₂	Methanol	20 % (electrical)

Gambar 2.27 Perbandingan Spesifikasi antar Jenis Fuel Cell (sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

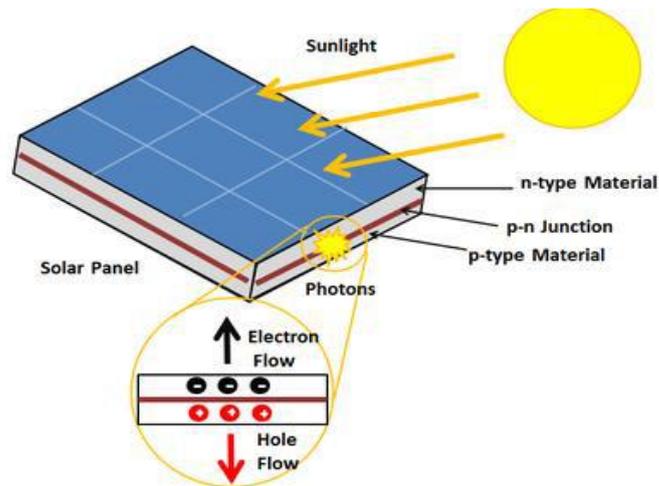
Technology / Attributes	Relative cost	Module kW/levels	Lifetime	Tolerance for cycling	Fuel	Maturity	Size	Sensitivity fuel in-purities	Emissions	Safety Aspects	Efficiency	Total
Weighting	3	2	3	2	3	3	3	3	2	3	3	
Alkaline fuel cell	3	3	2	3	1	2	2	1	3	3	2	
	9	6	6	6	3	6	6	3	6	9	6	66
Phosphoric acid fuel cell	2	3	3	2	2	2	1	2	3	2	2	
	6	6	9	4	6	6	3	6	6	6	6	64
Molten carbonate fuel cell	1	3	3	1	3	3	1	3	1	2	3	
	3	6	9	2	9	9	3	9	2	6	9	67
Solid oxide fuel cell	1	3	2	1	3	3	2	3	2	2	3	
	3	6	6	2	9	9	6	9	4	6	9	69
Proton Exchange Membrane	3	3	2	3	1	3	3	2	3	3	2	
	9	6	6	6	3	9	9	6	6	9	6	75
High Temperature PEM	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	3	
	6	4	6	6	6	6	9	9	6	6	9	73
Direct methanol fuel cell	2	1	2	3	3	1	2	3	1	3	1	
	6	2	6	6	9	3	6	9	2	9	3	61

Gambar 2.28 Skor dari Semua Jenis Fuel Cell
(sumber : (Tomas Tronstad, 2017))

2.9.3. Photovoltaic Cell

Photovoltaic (PV) cell merupakan sebuah teknologi yang dapat mengumpulkan energi, dengan cara mengubah energi matahari menjadi energi listrik dapat digunakan dalam kehidupan sehari-hari dengan melalui proses yang disebut *photovoltaic effect*. (al., 2018) Sel surya bisa disebut sebagai pemeran utama untuk memaksimalkan potensi sangat besar energi cahaya matahari yang sampai kebumi, walaupun selain dipergunakan untuk menghasilkan listrik, energi dari matahari juga bisa dimaksimalkan energi panasnya melalui sistem *solar thermal*.

Photovoltaic effect merupakan sebuah proses yang dapat menghasilkan voltase atau arus listrik pada sebuah PV cell tepat ketika terpapar sinar matahari. Solar sel pada umumnya terdiri dari dua jenis bahan semi-konduktor yakni konduktor tipe P dan konduktor tipe N yang digabungkan sehingga membentuk medan listrik pada perbatasan/persimpangan antar konduktor dan elektron juga berpindah dari konduktor positif ke konduktor negatif yang menghasilkan arus listrik seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.29 Photovoltaic Effect Diagram
 Sumber : (al., 2018)

Secara teori, sel surya dapat mengkonversi sekitar 30% dari energi radiasi matahari menjadi listrik. Terdapat dua cara untuk memanfaatkan energi surya, yaitu:

1. Energi dari cahaya matahari

Metode tersebut didasarkan pada fenomena efek fotolistrik dan menggunakan sel fotovoltaik. Ketika cahaya matahari memantul pada permukaan panel surya, proses *photoemission* terjadi di dalam sel fotovoltaik dan energi surya secara langsung dikonversi menjadi energi listrik.

2. Energi yang dikembangkan dari panas matahari

Metode lain untuk menghasilkan energi surya dengan menangkap panas. Dalam metode ini sejumlah besar cermin cekung yang digunakan untuk mengintensifkan panas yang dihasilkan oleh matahari. Panas ini digunakan untuk mengubah air menjadi uap. Metode ini menjadikan tekanan uap bergerak ke turbin untuk menghasilkan energi listrik.

Menurut fungsi dan bahan yang digunakan dalam pembuatan *solar cell*, terdapat beberapa macam *solar cell* yang terdapat di pasaran, antara lain :

1. *Monocrystalline*

Merupakan jenis *solar cell* yang terbuat dari batangan kristal silikon tipis. Teknologi ini dapat menghasilkan kepingan sel surya yang identik satu sama lain dan memiliki kinerja tinggi. Sehingga sel surya *monocrystalline* memiliki efisiensi paling tinggi dibandingkan jenis sel surya lainnya, yaitu sekitar 15% - 20%.

2. *Polycrystalline*

Jenis sel surya ini terbuat dari batang kristal silikon yang dilebur dengan bentuk akhir berupa persegi. Kemurnian kristal silikon lebih rendah dibanding *monocrystalline* sehingga memiliki efisiensi lebih rendah yaitu sekitar 13% - 16%.

3. *Thin Film Solar Cell (TFSC)*

TFSC merupakan produk sel surya yang fleksibel dan sangat ringan karena diproduksi dengan cara menambahkan beberapa material fleksibel. Berdasarkan materialnya, TFSC digolongkan menjadi beberapa jenis, antara lain:

a. *Amorphous Silicon (a-Si) Solar Cell*

Sel surya ini menggunakan bahan *Amorphous Silicon* dengan tekstur tipis. Sel surya ini biasanya digunakan untuk perangkat elektronik kecil seperti jam tangan dan kalkulator dengan efisiensi antara 6% - 8%.

b. *Cadmium Telluride (CdTe) Solar Cell*

Sel surya ini menggunakan bahan *Cadmium Telluride* dengan efisiensi sekitar 9% - 11%.

c. *Copper Indium Gallium Selenide (CCIGS) Solar Cell*

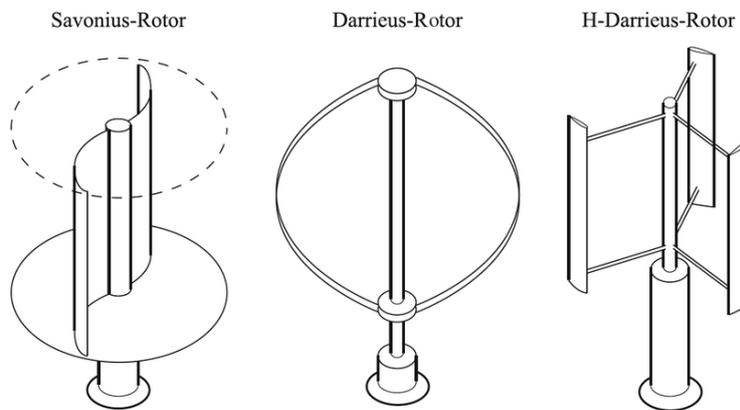
Dibandingkan dua jenis sel surya sebelumnya, CIGS memiliki efisiensi paling tinggi yaitu sekitar 10% - 12%. Selain itu jenis *solar cell* ini tidak mengandung bahan berbahaya *Cadmium* seperti pada *solar cell Cd Te*. (Hidayat, 2016)

2.9.4. *Vertical Axis Wind Turbin*

Wind Turbine Generator (WTG) merupakan sebuah alat yang dapat menghasilkan energi kinetik dari angin menggunakan rotor yang terdiri dari dua atau lebih *blade* yang secara mekanis digabungkan ke generator listrik. Produksi tenaga yang dihasilkan turbin angin bergantung pada interaksi antara rotor/blade dengan angin. Jumlah daya yang dihasilkan berbanding lurus dengan total swept area oleh *blade*. Hal ini yang menyebabkan pada HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) ukuran blade dibuat sangat panjang/tinggi untuk beberapa pembangkit listrik bertenaga angin hingga mencapai 80 meter (260 kaki) yang tentunya hanya dapat dioperasikan pada lahan yang luas/terbuka dikarenakan membutuhkan ruang yang luas. Namun, berdasarkan pengembangan teknologi diciptakan jenis lain dari turbin angin yakni *Vertical Axis Wind Turbine (VAWT)* yang dapat menerima energi angin dari berbagai arah. (*Vertical Axis Wind Turbine Design*, 2018)

Vertical Axis Wind Turbine (VAWT) merupakan jenis dari turbin angin yang memiliki desain rotor/blade vertikal atau seperti bentuk sebuah pemecah telur (*egg*

beater) dan dalam banyak hal memiliki kesamaan dengan ventilator sentrifugal bertenaga angin yang terlihat pada atap /cerobong asap sebuah pabrik. Pada awal pengembangan VAWT, terdapat dua jenis desain yakni Savonius VAWT dan Darrieus VAWT seperti pada gambar dibawah ini :



Gambar 2.30 Jenis-jenis *Wind Turbines*
 Sumber : (www.researchgate.net)

Adapun beberapa keunggulan utama VAWT dibandingkan dengan HAWT ialah sebagai berikut : (VAWT and HAWT Compared, 2011)

1. *Non-directional*, dapat menerima tiupan angin dari berbagai arah.
2. *Less turbulence*, dikarenakan area/diameter perputaran *blade* lebih kecil dibandingkan HAWT
3. *Less Space Needed*, dapat diinstal berdekatan antar turbin angin sumbu verikal.
4. *Lower start-up speed*, tidak membutuhkan tiupan angin yang kencang dikarenakan luasan *blade blade* yang lebih kecil dibandingkan HAWT
5. *Less noisy*, dikarenakan turbulensi yang dihasilkan tidak sebesar pada HAWT.

2.9.5. Analisis Ekonomis

Analisis biaya pembangunan dilakukan dengan membagi komponen biaya pembangunan menjadi biaya yang terkait berat kapal (*weight cost*) dan biaya yang tidak terkait dengan berat kapal (*non-weight cost*). *Weight cost* dilakukan pemecahan komponen lagi menjadi biaya struktur kapal (*hull structural cost*), biaya komponen permesinan dan penggerak (*machinery and propulsion cost*), biaya perlengkapan kapal (*equipment and outfitting cost*).

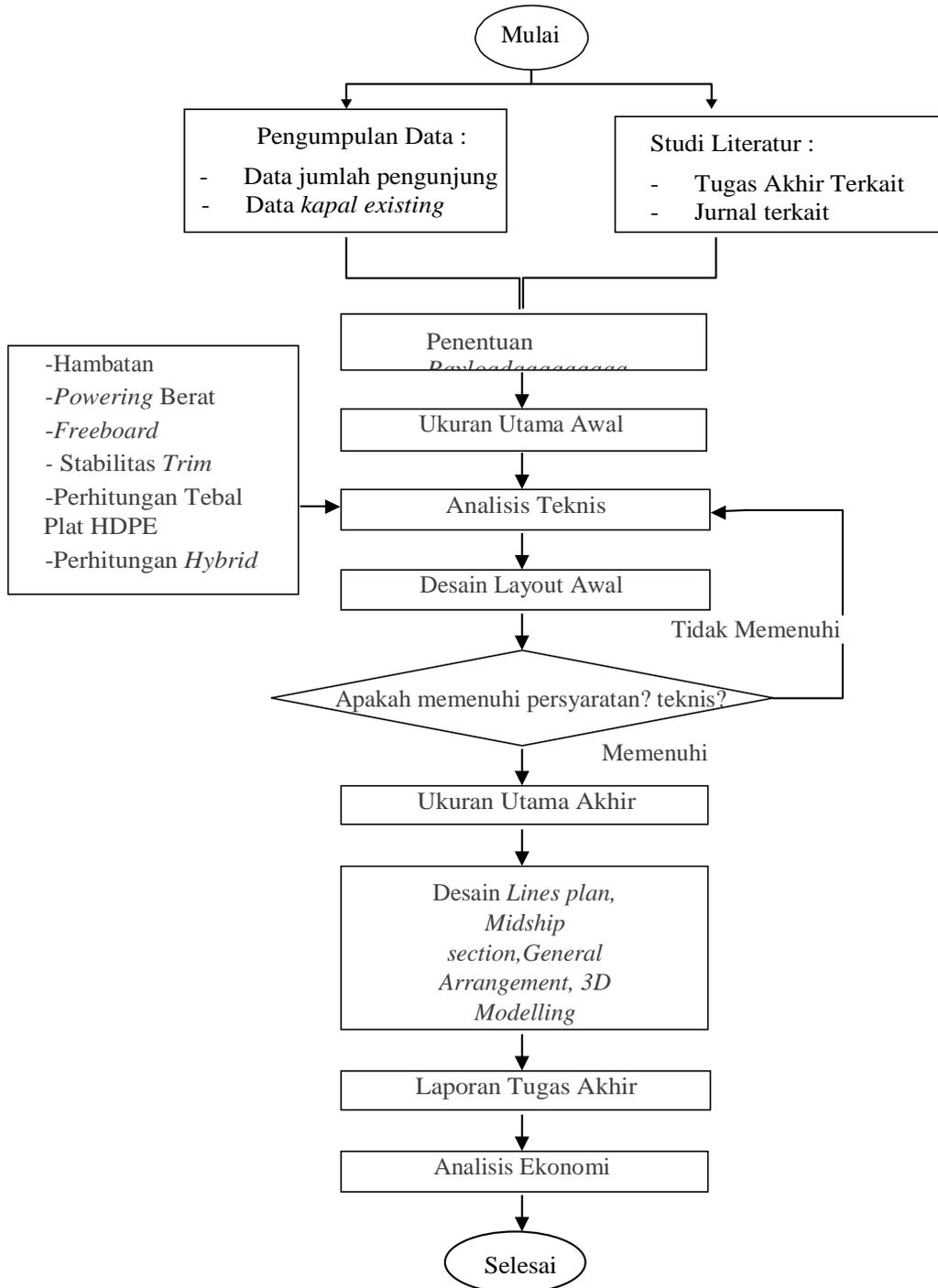
Biaya struktur kapal dihitung dengan cara menghitung berat material kapal yang dibutuhkan dikalikan dengan unit harga dari material itu sendiri. Pada perhitungan analisis ekonomis untuk Tugas Akhir ini, dilakukan pula perhitungan untuk plastik HDPE yang digunakan sebagai material kapal, serta komponen *hybrid* yang dibutuhkan. Dalam perhitungan untuk mencari nilai ekonomis sebuah kapal, perhitungannya dibedakan menjadi dua bagian, yaitu biaya investasi dan biaya operasional kapal. Di mana biaya investasi adalah biaya yang pada umumnya dikeluarkan pada awal kegiatan produksi kapal dalam jumlah yang cukup besar, sedangkan biaya operasional adalah biaya yang secara rutin dikeluarkan setiap tahun pada pembangunan. Biaya operasional terdiri atas biaya tetap (*fixed cost*) dan biaya variabel (*variabel cost*).

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 3 METODOLOGI

3.1. Bagan Alir

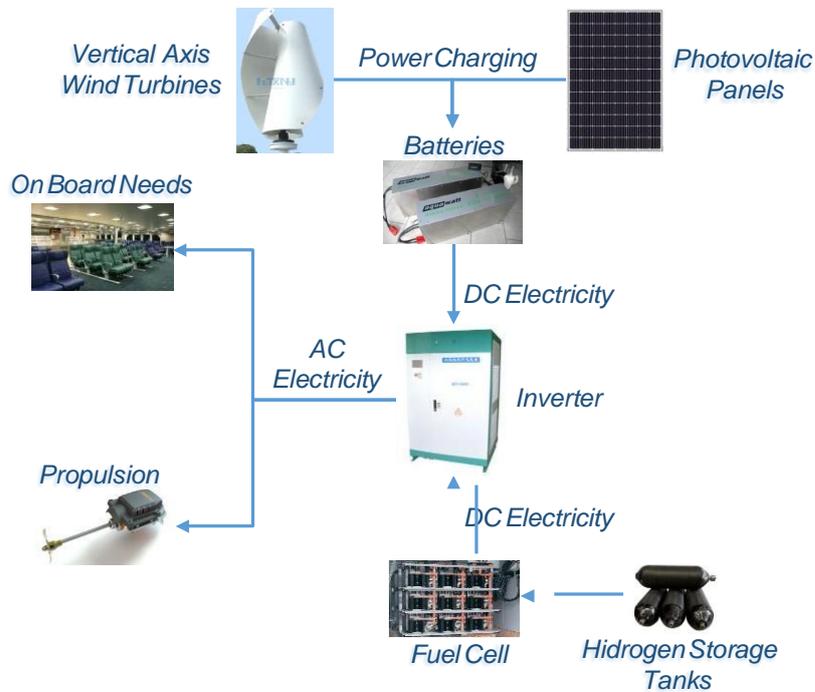
Secara umum metodologi dalam pengerjaan Tugas Akhir dapat dilihat pada Gambar 3.1



Gambar 3.1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

3.2. Diagram Alir Sistem Hibrida

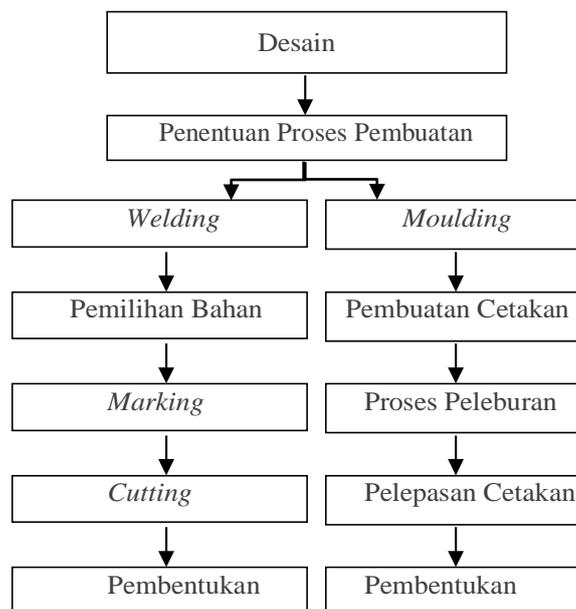
Diagram alir sistem hibrida pada kapal wisata berbahan dasar HDPE dapat dilihat pada Gambar 3.2.



Gambar 3.2 Diagram Alir Sistem Hibrida

3.3. Diagram Alir HDPE

Diagram alir pembuatan HDPE pada kapal wisata berbahan dasar HDPE dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.3 Diagram Alir HDPE

3.4. Tahap Pengerjaan

Tahap pengerjaan Tugas Akhir ini dimulai dari pengumpulan data dan studi literatur hingga pembuatan laporan yang akan dijelaskan pada beberapa sub-bab berikut ini.

3.2.1 Identifikasi Masalah

Langkah awal dalam pengerjaan adalah dengan menentukan permasalahan yang terjadi, yaitu terdapat kapal wisata di wilayah Kepulauan Karimunjawa, namun dengan jumlah yang sedikit dan tidak dapat memfasilitasi wisatawan untuk menikmati keindahan laut perairan Karimunjawa, sedangkan pemerintah Karimunjawa sendiri ingin meningkatkan wisata laut Karimunjawa.

3.2.2 Studi Literatur

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

- a. Pendekatan desain
- b. Kapal wisata
- c. Kapal HDPE
- d. Sistem hybrid
- e. *Hydrogen fuel cell*

3.2.3 Pengumpulan Data

Dalam pengerjaan ini, ada dua jenis data yang digunakan yaitu:

- Data primer, diperoleh dari pengamatan langsung di wilayah operasional kapal dan wawancara langsung dengan pihak yang memiliki kepentingan dan permasalahan terkait.
- Data sekunder, diperoleh dari berbagai literatur, paper, buku dan internet serta data dari hasil survey wisatawan di kawasan Karimunjawa.

3.2.4 Pengolahan data

Dari data-data yang didapatkan, maka proses berikutnya adalah pengolahan data tersebut sebagai input dalam perhitungan selanjutnya.

Pengolahan data tersebut dilakukan untuk mengetahui beberapa hal, yaitu:

1. Penentuan kapasitas penumpang yang mampu diangkut kapal.
2. Penentuan ukuran utama kapal.
3. Hambatan dan sistem propulsi kapal.

4. Penentuan mesin utama, mesin bantu, propulsi kapal, dan jumlah kebutuhan *solar cell*.
5. Menghitung peralatan dan perlengkapan kapal.
6. Menghitung berat dan titik berat kapal.
7. Menghitung *Light Weight Tonnage* (LWT) dan *Dead Weight Tonnage* (DWT).
8. Menghitung displasemen kapal.
9. Menghitung lambung timbul (*freeboard*).
10. Menghitung stabilitas kapal.

3.2.5 Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan 3D Model

Setelah didapatkan ukuran utama final, selanjutnya dilakukan pembuatan Rencana Garis untuk memodelkan bentuk lambung kapal secara keseluruhan. Pembuatan Rencana Garis dilakukan dengan software Maxsurf Modeler Advanced sebagai alat bantu dengan mengambil sampel desain yang sudah tersedia. Lalu di-export ke AutoCAD untuk proses finishing. Pembuatan Rencana Umum dilakukan setelah Rencana Garis selesai, karena outline dari Rencana Umum didapatkan dari Rencana Garis. Pembuatan Rencana Umum dilakukan dengan menggunakan bantuan software AutoCAD. Desain 3D Model dibuat menggunakan software Rhinoceros.

3.4.1. Perhitungan Biaya

Perhitungan biaya yang dilakukan adalah estimasi biaya pembangunan kapal, estimasi *Breakeven Point* (BEP), harga tiket wisata, dan estimasi kelayakan investasi *Net Present Value* (NPV) dan *Internal Rate of Return* (IRR).

3.4.2. Kesimpulan dan Saran

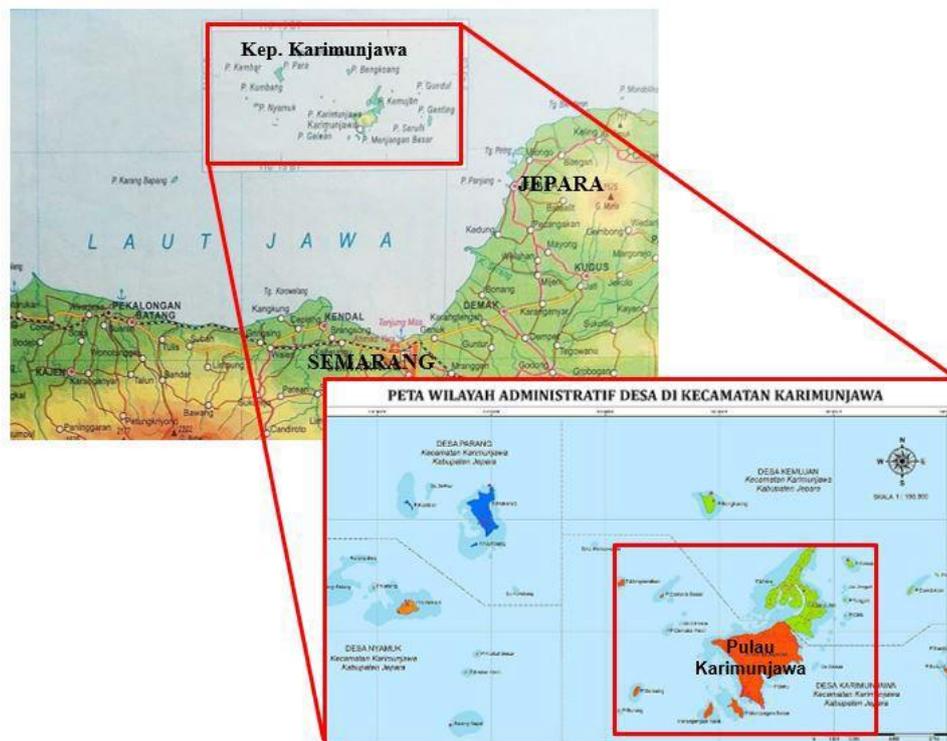
Tahapan ini berupa hasil desain yang didapat dan saran untuk pengembangan lebih lanjut. Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, selanjutnya ditarik kesimpulan dari analisis dan perhitungan. Kesimpulan berupa ukuran utama kapal dan koreksi terhadap standar yang ada. Saran dibuat untuk menyempurnakan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

BAB 4

TINJAUAN WILAYAH

4.1. Tinjauan Umum Daerah

Kepulauan Karimunjawa terletak di sebelah Timur Laut kota Semarang tepatnya pada posisi 50 40' - 50 57' LS dan 110 04' – 110 40' BT. Kepulauan Karimunjawa termasuk dalam wilayah administrasi Kecamatan Karimunjawa, Kabupaten Jepara. Luas wilayah daratan dan perairan Taman Nasional Karimunjawa adalah 111.625 hektar, berupa gugusan pulau sebanyak 22 buah, di mana terdapat empat pulau berpenghuni yaitu Pulau Karimunjawa, Pulau Kemujan, Pulau Parang dan Pulau Nyamuk. Aktivitas ekonomi di Taman Nasional Laut Karimunjawa adalah kegiatan ekowisata dengan daya tarik wisata bahari berupa keindahan pemandangan bawah laut. Dalam beberapa tahun terakhir, Taman Nasional Laut Karimunjawa mengalami kenaikan jumlah wisatawan yang sangat pesat. Hal ini berkaitan dengan mulai meluasnya kabar tentang potensi wisata yang ada di daerah tersebut. Lokasi Kepulauan Karimunjawa dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Letak Kepulauan Karimunjawa
(Sumber: Peta Administrasi Jawa Tengah, 2018)

4.2. Potensi Wisata Karimunjawa

Karimun berasal dari bahasa Jawa yaitu kremun yang artinya kabur atau samar-samar. Asal-usul nama karena kepulauan ini terlihat samar-samar dari Pulau Jawa yang disebabkan letaknya yang cukup jauh dari Pulau Jawa. Untuk mencapai Karimunjawa memakan waktu sekitar 4 sampai 6 jam dari daratan Pulau Jawa dengan menggunakan Kapal Motor Cepat dari Semarang atau Jepara. Keindahan terumbu karang serta ikan berwarna-warni di dalam laut akan menjadi daya tarik untuk menikmati keindahan bawah laut Kepulauan Karimunjawa.

4.2.1. Lokasi Wisata di Kepulauan Karimunjawa Berdasarkan Ekosistem

Untuk kawasan yang dapat dijadikan lokasi wisata dapat dibagi menjadi lima, berdasarkan ekosistem yang ada di Karimunjawa.

a. Ekosistem Hutan Hujan Tropis Dataran Rendah

Ekosistem hutan hujan tropis dataran rendah menempati ketinggian 0-506 m dpl di Pulau Karimunjawa. Hutan hujan tropis dataran rendah yang ada di Pulau Karimunjawa merupakan hutan sekunder yang dicirikan dengan keberadaan perintis seperti Medang Wangi (*Cryptocarya tomentosa*). Tumbuhan yang ada merupakan sisa kebakaran hutan yang terjadi pada tahun 1950-1960an. Berdasarkan hasil Eksplorasi Flora yang dilakukan oleh LIPI tahun 2003, ditemukan 124 spesies dan 5 genus flora di kawasan hutan hujan tropis dataran rendah Karimunjawa.

Jenis pohon yang sering dijumpai adalah Sentul (*Sandoricum Koetjape*), Ande-ande (*Antidesma Montanum*), Berasan (*Gomphia Serrata*), Gondorio (*Bouea Macrophylla*). Termasuk di dalamnya keberadaan flora khas Karimunjawa yaitu Dewadaru (*Fragraria Fragrans*) dan Kalimosodo (*Cordia Subcordata*) yang populasinya mulai menurun karena banyak digunakan sebagai bahan baku industri kerajinan oleh masyarakat. Dewadaru tidak ditemukan dalam kawasan konservasi kecuali tunggakanya, umumnya tumbuh di luar kawasan yaitu di daerah AlangAlang, Ujung Gelam, Nyamplungan, dan Legon Nipah.

b. Ekosistem Hutan Pantai

Karakteristik ekosistem ini adalah hidup pada daerah kering tepi pantai, tidak terpengaruh iklim, tanah berbatu dan berpasir serta terletak di atas pasang tertinggi. Vegetasi hutan pantai dicirikan oleh adanya *Barringtonia speciosa*, Ketapang, Cemara Laut (*Casuarina Equisetifolia*), Kelapa (*Cocos Nucifera*), Jati Pasir (*Scaerota*

Frutescens), Pandan (*Pandanus Tectonus*), Setigi (*Pemphis Acidula*) dan Waru Laut (*Hibiscus Tiliaceus*).

c. Ekosistem Mangrove

Taman Nasional Karimunjawa mempunyai ekosistem mangrove yang relative masih asli dan tersebar hampir di seluruh Kepulauan Karimunjawa dengan luasan yang berbeda-beda. Pada kawasan yang dilestarikan ini ditemukan 25 spesies mangrove sejati dari 13 famili dan 18 spesies mangrove ikutan dari 7 famili. Sedang di luar kawasan ditemukan 5 spesies mangrove ikutan dari 5 famili berbeda. Pada tingkat tiang dan pohon hutan mangrove di kawasan Pulau Karimunjawa dan Kemujan didominasi jenis *Exoccaria Agallocha* sedang jenis yang penyebarannya paling luas adalah *Rhizophora Stylosa*.

d. Ekosistem Padang Rumput

Padang lamun tersebar di seluruh perairan Taman Nasional Karimunjawa sampai kedalaman 25 meter. Struktur komunitas padang lamun Pulau Karimunjawa tersusun atas sembilan spesies yaitu *Enhalus acoroides*, *Halophila ovalis*, *Thalassia hemprichi*, *Cymodocea rotundata*, *Halodule uninervis*, *Halodule pinifolia*, *Halophila minor*, *Syringodium isoetium*, *Thalassodensron ciliatum*.

e. Ekosistem terumbu karang

Ekosistem terumbu karang terdiri dari 3 tipe terumbu, yaitu terumbu karang pantai (*fringing reef*), penghalang (*barrier reef*) dan beberapa taka (*patch reef*). Ekosistem terumbu karang di Kepulauan Karimunjawa terdiri atas 64 genera karang yang termasuk dalam 14 famili ordo *scleractinian* dan 3 ordo non *sceractinian*.

Karakteristik ikan karang di Karimunjawa cukup unik. Keanekaragaman ikan karang yang ditemukan di Karimunjawa merupakan kondisi peralihan antara jenis-jenis ikan karang yang sering ditemukan di perairan Kepulauan Seribu dan di perairan Bali. Secara keseluruhan keseragaman spesies ikan karang bervariasi dari rendah di Tanjung Gelam hingga baik di sisi timur Pulau Sintok. Terdapat pula dua spesies penyu yaitu Penyu Hijau (*Chelonia Mydas*) dan Penyu Sisik (*Eretmochelys Imbricate*) di Kepulauan Karimunjawa.

4.2.2. Lokasi Wisata yang Selalu dikunjungi Wisatawan

Tempat-tempat yang biasanya dikunjungi para wisatawan diantaranya adalah:

1. *Spot* MAER (Tempat *snorkeling*)

Spot MAER berlokasi di sebelah barat Pulau Menjangan Kecil. Di spot ini terdapat banyak ikan hias dengan variasi warna yang berbeda-beda serta terumbu

karang. Wisatawan bisa melihat banyaknya ikan di *spot* MAER ini, salah satu *spot snorkeling* terbaik yang ada di Karimunjawa, wisatawan bisa berfoto di bawah air karena airnya jernih di *spot* MAER dan terdapat berbagai terumbu karang dan ikan-ikan hias.

2. Pulau Menjangan Besar

Pulan Menjangan Besar merupakan pulau terbesar kedua setelah Pulau Karimunjawa, pulau ini juga pulau terdekat dari pelabuhan dan dermaga Karimunjawa, jika ada melihat sunset sore di sekitar dermaga wisatawan bisa dengan jelas melihat Pulau Menjangan Besar ini, pulau ini juga merupakan tujuan favorit para wisatawan yang datang baik wisatawan lokal maupun wisatawan mancanegara, karena penangkaran hiunya. Selain itu juga terdapat beberapa biota laut yang dikembangbiakkan di pulau ini, seperti kurakura, bintang laut, dan beberapa spesies ikan unik lainnya.

3. Pulau Menjangan kecil

Dengan keindahan terumbu karang yang menjadi andalan wisata dari pulau Menjangan Kecil, di pulau ini juga dapat mendatangi penangkaran ikan hiu dan bermain serta befoto langsung dengan para hiu.

4. Pulau Cemara

Di kepulauan Karimunjawa terdapat dua buah pulau yang bernama cemara, yakni cemara besar dan cemara kecil. Terkenal dengan keindahan bawah lautnya, keindahan pulau cemara juga tidak kalah cantik dengan keindahan terumbu karang yang berada di pulau-pulau dari kepulauan Karimunjawa lainnya.

5. Spot Gosong Cemara

Berada di sebelah timur Pulau Cemara Besar. Di spot ini wisatawan bisa melihat juga ikan-ikan hias tetapi tidak sebanyak di spot MAER. Spot ini lumayan dalam, terumbu karangnya masih asri, jika wisatawan beruntung bisa melihat penyu ataupun biota-biota laut lainnya.

6. Spot Nyamplungan

Berlokasi di sebelah barat Pulau Karimunjawa. Sama seperti *spot* MAER dan Gosong Cemara, *Spot* Nyamplungan juga menawarkan keindahan bawah laut Karimunjawa.

7. Pulau Tengah dan Pulau Cilik

Pulau ini berada di sebelah timur Pulau Karimunjawa, perjalanan dari pulau karimunjawa kira-kira membutuhkan waktu 2 jam memakai kapal motor. Di

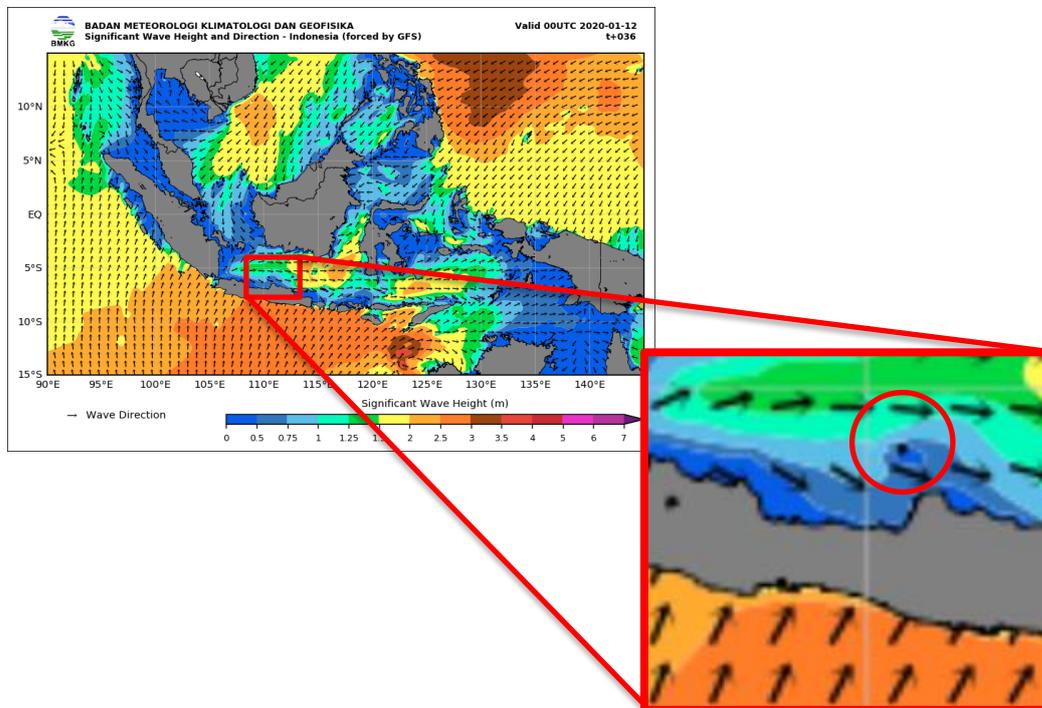
samping kanan ataupun kiri pulau terdapat pula tempat-tempat *snorkeling*, dengan terumbu karang dan biota laut yang tak kalah indahnya. Jika wisatawan beruntung akan melihat ikan lumba-lumba dalam perjalanan menuju pulau tersebut. Di tengah perjalanan, biasanya terlihat gundukan pasir yang terlihat jika air laut surut, tepatnya disebelah selatan pulau cilik. Dibutuhkan waktu perjalanan sekitar 35 menit dari Pulau Karimunjawa. Masyarakat menyebut gundukan pasir putih memanjang ini dengan sebutan Pulau Gosong.

8. Pulau Geleang

Berlokasi di sebelah barat Pulau Karimunjawa. Pantainya cukup luas, bersih dan indah. Wisatawan bisa hanya berfoto ataupun bermain pasir di tempat ini. Selain, itu Pulau Geleang juga sering dijadikan tempat untuk sekedar bakar ikan, atau penginapan karena pulaunya yang cukup luas.

4.3. Kondisi Gelombang Kepulauan Karimunjawa

Kondisi gelombang di Kepulauan Karimunjawa tergolong cukup tenang, yaitu antara 0.1 – 1 m. Hal ini dapat dilihat dari pengecekan ketinggian gelombang yang diambil dari Badan Meteorologi dan Geofisika. Adapun kondisi gelombang di Kepulauan Karimunjawa dapat dilihat pada Gambar 4. 2.



Gambar 4.2 Kondisi Gelombang di Kepulauan Karimunjawa
(Sumber: Badan Meteorologi dan Geofisika, Desember 2019)

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 5

ANALISIS TEKNIS

5.1. *Operational Requirement*

Operational requirement kapal merupakan aspek dan kebutuhan operasional dari kapal yang akan didesain. Pada Tugas Akhir ini, operational requirement dari Kapal Wisata HDPE melingkupi rute pelayaran, kecepatan kapal, dan payload. Payload Kapal Wisata HDPE ditentukan berdasarkan hasil forecasting jumlah wisatawan di Kepulauan Karimunjawa.

5.1.1. Penentuan Rute Pelayaran

Kapal wisata berbahan dasar HDPE pada Tugas Akhir ini akan direncanakan untuk beroperasi di wilayah Kepulauan Karimunjawa. Rute pelayaran kapal yang akan dilalui diambil berdasarkan salah satu rute wisata eksisting di Kepulauan Karimunjawa. Adapun rute yang akan dilalui adalah dari Pelabuhan Karimunjawa menuju Pulau Menjangan Besar, Pulau Menjangan Kecil, dan Pulau Cemara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1.



Gambar 5.1 Rute Pelayaran

Rute yang digunakan untuk kapal ini adalah rute 2, dengan pertimbangan waktu pelayarannya. Di mana kapal berlayar mulai dari Pelabuhan Karimunjawa yang ditunjukkan pada keterangan 1 Gambar 5. 1 menuju Pulau Menjangan Besar. Setelah dari Pulau Menjangan Besar dilanjutkan dengan perjalanan ke Pulau Cemara yaitu sejauh 63.1

nm. Pulau Cemara adalah destinasi terakhir dari *trip* ini, dan kembali ke Pelabuhan Karimunjawa. Maka, Kapal Wisata HDPE dalam satu hari pelayaran akan melakukan dua kali perjalanan dan memiliki rincian perjalanan yang dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5.1 Rencana Perjalanan Trip 1

No.	Lokasi	Trip 1	Trip 2
1	Pelabuhan Karimunjawa – Pulau menjangan besar	08.00 – 08.06	12.00 – 12.06
2	Pulau Menjangan Besar - Pulau Cemara	09.06 – 10.00	13.06 – 14.00
3	Pulau Cemara – Pelabuhan Karimunjawa	11.00 – 11.55	15.00 – 15.55

5.1.2. Perhitungan Waktu Tempuh

Pada umumnya kapal wisata memiliki kecepatan yang relatif rendah untuk memenuhi tujuan kapal ini sendiri, yaitu agar wisatawan dapat menikmati perjalanan dengan nyaman. Maka, dilakukan perhitungan kecepatan berdasarkan lamanya perjalanan yang ditempuh oleh kapal dalam satu kali pelayaran. Adapun perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 5.2.

Tabel 5.2 Perhitungan Waktu Tempuh

No.	Lokasi	Kecepatan Kapal	Jarak tempuh	Durasi
1	Pelabuhan Karimunjawa	-	-	-
2	Pulau Menjangan Besar	8 Knot = 14,8 Km/J	1,2 Km = 0.65 nm	5 Menit
3	Pulau Cemara	8 Knot = 14,8 Km/J	11.7 Km = 6,3 nm	50 Menit
4	Pelabuhan Karimunjawa	8 Knot = 14,8 Km/J	12.8 Km = 6,9 nm	55 Menit

Kecepatan kapal ketika melakukan pelayaran adalah 8 Knot, waktu tempuh didapatkan dari perhitungan Jarak tempuh (Km) dibagi dengan kecepatan (Km/J) dan dikalikan 60 menit . Berdasarkan Tabel 5.2, dapat diketahui bahwa total jarak yang ditempuh kapal dalam 1 kali *trip* sejauh 13,9 nm atau 25.7 km.

5.2. Perhitungan Payload

Payload dari Kapal Wisata HDPE ini adalah banyaknya penumpang yang dapat diangkut dalam satu kali pelayaran. Banyaknya penumpang yang dapat diangkut ditentukan dari hasil *forecasting* jumlah wisatawan yang berkunjung ke Kepulauan

Karimunjawa dari tahun 2016 – 2019, yang telah diperoleh dari Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Jepara. Metode *forecasting* yang digunakan adalah metode deret berkala. Deret berkala adalah kumpulan-kumpulan data berdasarkan hasil ramalan yang disusun atas pola hubungan antara variabel yang dicari dengan variabel waktu yang mempengaruhinya. Maka, dibutuhkan *trend* linier untuk menggunakan metode ini. Persamaan *trend* linier sebagai berikut:

$$Y' = a + bx$$

Di mana:

$$a = \frac{\Sigma Y}{n}$$

$$b = \frac{\Sigma XY}{\Sigma X^2}$$

x = Periode waktu deret berkala

Berdasarkan persamaan tersebut, didapatkan nilai a sebesar 25725 dan b sebesar 891,78. Kemudian nilai a dan b dapat dimasukkan ke persamaan *trend* linier.

Data pada Tabel 5.3 merupakan data jumlah wisatawan dari Tahun 2016 – 2019 dan diurutkan berdasarkan triwulan (per tiga bulan), yaitu dari bulan Januari – Maret, April – Juni, Juli – September, dan Oktober – Desember serta *forecasting* untuk tahun 2020 – 2025. Dari data tersebut, diketahui bahwa *peak season* untuk Kepulauan Karimunjawa adalah pada triwulan kedua, yaitu bulan April – Juni yaitu dengan rata-rata dari hasil *forecasting* sebanyak 449713.

Tabel 5.3 Data Wisatawan Kepulauan Karimunjawa Tahun 2016 - 2019 dan *Forecasting* Wisatawan

	Triwulan I	Triwulan II	Triwulan III	Triwulan IV	Total
2016	32419	30139	33400	22343	118301
2017	18245	47500	34529	22602	122876
2018	19584	38370	33989	45892	137835
2019	21919	39760	49433	42750	153862
2020	37742	38741	39739	40738	156960
2021	41737	42736	43734	44733	172940
2022	45732	46731	47730	48728	188921
2023	49727	50726	51725	52723	204901

Tahun 2020 - 2025

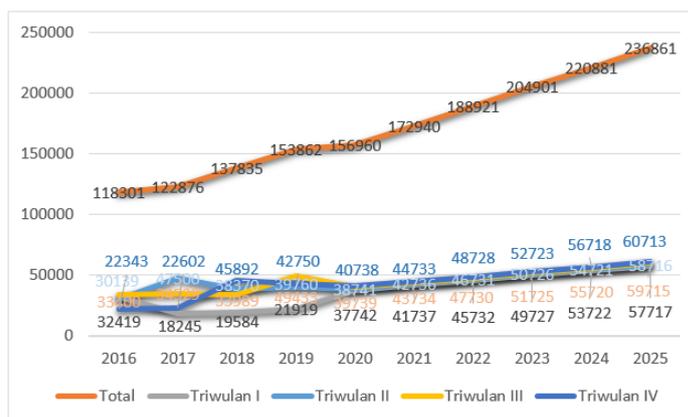
2024	53722	54721	55720	56718	220881
2025	57717	58716	59715	60713	236861
Total	378544	448139	449713	437942	

(Sumber : Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Kabupaten Jepara)

Berdasarkan Tabel 5.3, dapat dilakukan perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned} \text{Rata-rata wisatawan per hari Triwulan II} &= \text{Rata-rata wisatawan Triwulan II} / 3 \text{ bulan} \\ &= 449713 / 90 \text{ hari} \\ &= 500 \text{ orang / hari} \end{aligned}$$

Setelah didapatkan rata-rata wisatawan perhari di triwulan kedua, yaitu pada bulan April – Juni sebagai *peak season*, dilakukan perhitungan penentuan *payload* kapal dengan mengurangi jumlah rata-rata hasil *forecasting* penumpang dengan data kapal wisata yang tersedia. Grafik jumlah wisatawan dari hasil *forecasting* dapat dilihat pada Gambar 5. 2.



Gambar 5.2 Grafik Hasil *Forecasting*

Didapatkan data kapal wisata yang beroperasi di Kepulauan Karimunjawa, yang dapat dilihat pada Tabel 5.4. Berdasarkan Tabel 5.4, diketahui bahwa total wisatawan yang dapat diangkut oleh kapal saat ini sebanyak 390 orang/hari, dan kapal wisata yang terdapat di Kepulauan Karimunjawa hanya berupa kapal kayu motor berukuran 6-12 meter. Salah satu contoh kapal wisata yang beroperasi di Kepulauan Karimunjawa adalah KM. Banawa Nusantara 98 yang dihibahkan oleh Kementerian Perhubungan pada Gambar 5. 3.



Gambar 5.3 KM. Banawa Nusantara 98

(Sumber : Dinas Perhubungan Laut Karimunjawa)

Gambar 5.4 Kapal Wisata yang Beroperasi di Kepulauan Karimunjawa

(Sumber : Pusat Informasi Pelabuhan Perikanan Kabupaten Jepara dan Kementerian Perhubungan Kepulauan Karimunjawa)

no	nama kapal	Kapasitas
1	KM. BANAWA NUSANTARA 98	29
2	Kapal wisata mohadi	18
3	Kapal wisata mamat	18
4	Kapal wisata Dulkafi	18
5	Kapal wisata sumarto	18
6	Kapal wisata toat	19
7	Kapal wisata husin	18
8	Kapal wisata huri	20
9	Kapal wisata wahab	20
10	Kapal wisata irin	18
11	Kapal wisata tamprin	18
12	Kapal wisata 1	18
13	Kapal wisata 2	18
14	Kapal wisata 3	20
15	Kapal wisata 4	20
16	Kapal wisata 5	20
17	Kapal wisata 6	19
18	Kapal wisata 7	18
19	Kapal wisata 8	25
20	Kapal wisata 9	18
Total		390

Maka, dapat dilakukan perhitungan *payload* sebagai berikut:

Payload = Rata-rata wisatawan perhari - jumlah wisatawan kapal eksisting

= 500 - 390 orang

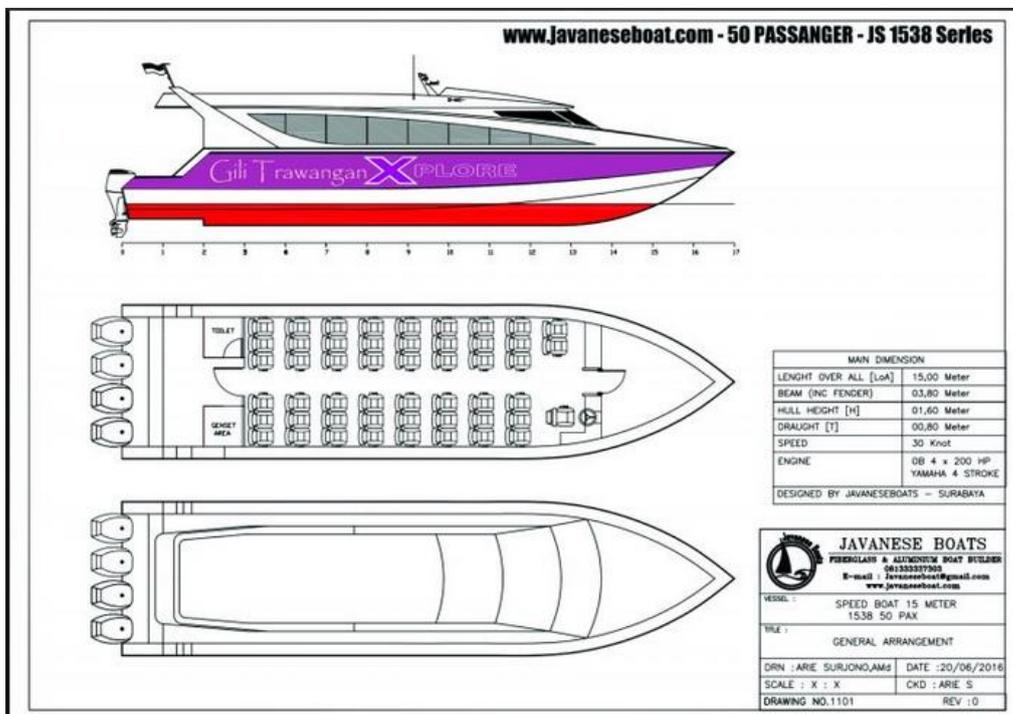
= 110 orang/hari (1 hari = 2 kali perjalanan)

= 55 orang/*trip*

Maka, didapatkan *payload* sebanyak 55 orang dalam 1 kali perjalanan.

5.3. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Ukuran utama kapal ditentukan dengan metode *Parent Ship Design*, yaitu dengan menggunakan ukuran utama kapal pembanding dengan jenis kapal dan muatan yang sama sebagai ukuran utama kapal yang akan didesain. Adapun kapal yang digunakan sebagai kapal pembanding untuk Tugas Akhir ini adalah Kapal Penumpang JAVANESEBOAT SERI JS 1538 yang dapat dilihat pada Gambar 5. 4.



Gambar 5.5 Kapal JAVANESEBOAT SERI JS 1538

(Sumber: <http://www.javaneseboat.com/catamaran-jc-series/kapal-50-penumpang/>)

Nama Kapal : JAVANESEBOAT SERI JS 1538

Lpp : 15 meter

B : 3.8 meter

H : 1.6 meter

T : 0.6 meter

Tabel 5.6 Pengecekan *Ratio Ukuran* Utama Setelah dilakukan Perubahan

Perbandingan Ukuran Utama		Range		Status
L/B	3,5	$3,5 < L/B < 10$	Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.21	OK
L/T	16	$10 < L/T < 30$	Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.21	OK
B/T	5	$1.8 < B/T < 5$	Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.21	OK
L/H	0.1	$8.2 < T/H < 9$		OK

Berdasarkan pengecekan ratio ukuran utama pada Tabel 5.7 maka perbandingan antara ukuran utama kapal sudah memenuhi sehingga ditentukan ukuran utama kapal seperti pada Tabel 5.6.

5.5. Perhitungan Koefisien

Penentuan koefisien bentuk kapal awal didapatkan dari persamaan pendekatan seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II.2.3. untuk menentukan C_b (*Coefficient Block*), lalu setelah didapatkan nilai C_b dilakukan pembuatan model pada aplikasi *maxsurf modeller* dan diperoleh beberapa koefisien bentuk lambung kapal seperti berikut ini:

Tabel 5.7 Rekap Hasil Perhitungan Koefisien Bentuk Badan Kapal

Nama	Nilai	Keterangan
Koefisien Blok (C_b)	0,53	
Koefisien <i>Midship</i> (C_m)	0,69	
Koefisien Prismatik (C_p)	0,76	
Koefisien <i>Waterplan</i> (C_{wp})	0,87	
<i>Longitudinal Center of Buoyancy</i> (LCB)	-1,13	meter dari <i>midship</i>
Volume Lambung Kapal (∇)	37,12	m^3
<i>Displacement</i> (Δ)	38,05	ton

5.6. Perhitungan Hambatan dan Propulsi Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop & Mennen dengan menggunakan persamaan (8) pada Bab II.2.4.

Perhitungan hambatan total adalah sebagai berikut:

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

Dengan komponen sebagai berikut:

$$CF = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2} = 0,002183$$

$$\rho = 1.025 \text{ ton/m}^3$$

$$V2 = 4.08 \text{ m/s}$$

$$Stot = 43,20 \text{ m}^2$$

$$(1+k) = 0,95$$

$$CA = 0.0007$$

$$RW/W = 0.03$$

$$W = 373.2 \text{ N}$$

Maka diperoleh hambatan total berdasarkan persamaan diatas yakni (RT) sebesar 4494 N = 4,494 kN. perlu ditambahkan hambatan kapal yang terjadi akibat angin yang berlawanan dengan arah gerak kapal dengan persamaan sebagai berikut:

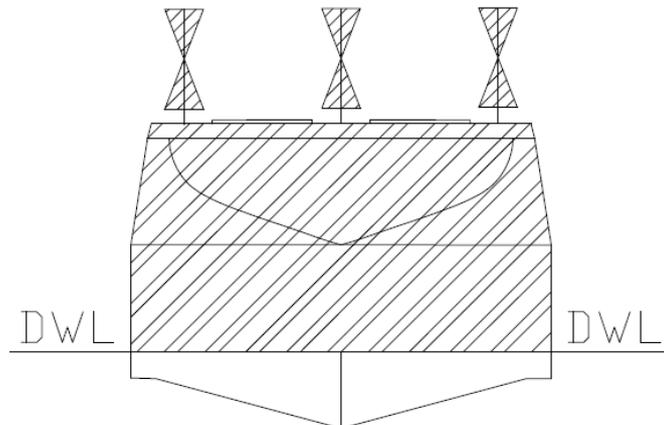
$$R_{AA} = 0.734Vr^2A_T$$

Dimana:

Vr = Kecepatan angin ($Vr = Vs$, berdasarkan PNA Vol. II) = 8 knot (4.115 m/s)

A_T = Luas transversal kapal diatas sarat

Nilai A_T didapatkan dengan menghitung luasan transversal kapal yang berada diatas permukaan air/sarat, dapat dilihat pada berikut ini:



Gambar 5.6 Luas Transversal Kapal di Atas Sarat

Dengan menggunakan bantuan *autoCAD*, maka didapatkan nilai A_T kapal sebesar 14,8 m² dan nilai A_T 18 buah VAWT adalah 2,916 m², maka hambatan angin diperoleh sebesar 0.256 kN maka nilai hambatan total kapal oleh air dan juga angin sebesar 5,405 kN.

Setelah didapatkan nilai hambatan total kapal, maka selanjutnya dilakukan perhitungan propulsi/daya mesin yang dibutuhkan, yaitu BHP, ditentukan dengan persamaan dibawah ini:

$$BHP = \frac{EHP}{\eta_h \cdot \eta_o \cdot \eta_r \cdot \eta_s \cdot \eta_b \cdot \eta_t}$$

Dimana :

$$EHP = R_T \cdot V = 42,158 \text{ kN}$$

$$\eta_h = 1,006$$

$$\eta_o = 0,6$$

$$\eta_r = 0,98 \text{ (single screw, transom aft)}$$

$$\eta_s \cdot \eta_b = 0.98 \text{ (machinery aft)}$$

$$\eta_t = 0.9 \text{ (AC electric motor/DC power generating)}$$

maka diperoleh nilai BHP sebesar 63,15 kW, diberikan koreksi MCR sebesar 15% dari BHP maka daya akhir penggerak kapal menjadi 72,63 kW atau setara dengan 97.3 HP. Berdasarkan perhitungan propulsi yang didapatkan maka dipilih mesin penggerak elektrik (*electric motor*) dengan spesifikasi *power* 125 HP setara dengan 93.2 kW. Pada Gambar 5.6 berikut ini dapat dilihat *electric motor* dari *Elco* yang dipilih sebagai penggerak kapal:



Gambar 5.7 Elco EP-100

(Sumber : <http://www.getlithium.com>)

5.7. Perhitungan Tebal Plat Lambung HDPE

Pertimbangan pemilihan bahan dasar HDPE untuk kapal karena memiliki *buoyancy* yang lebih dikarenakan HDPE lebih ringan massa jenisnya dibandingkan air sekitar 930-970 kg/m³ bahkan plastik akan tetap mengapung apabila diisi dengan air/*submerged*, tahan terhadap korosi, tahan terhadap pertumbuhan *biofouling*, tahan terhadap cairan kimia yang agresif, tahan terhadap beban impact sehingga tidak perlu khawatir dengan bebatuan tajam, serta tahan terhadap sinar UV dikarenakan HDPE untuk lambung kapal akan dicampurkan

dengan karbon yang dapat mencegah material menjadi brittle karena sinar matahari. (Boats, 2018.). Perhitungan tebal plat HDPE yang digunakan pada *Hull* kapal menggunakan perhitungan pendekatan yang terdapat pada DNV - *Boat Structural Design Chapter IV Sec. V* dan *TURK LOYDU – Tentative Rules For Polyethylene Crafts C.4.2.2* dengan rumus :

$$T_y = k \cdot s \sqrt{\frac{PF}{L \cdot 6,7}} (14 + 3,6L) \text{ mm}$$

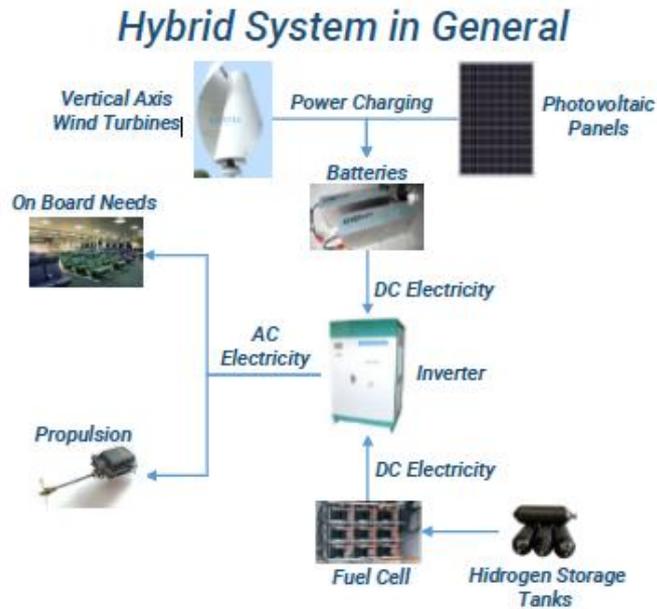
Dimana :

- k = 1.0 for LDPE
- k = 0.85 for MDPE
- k = 0.72 for HDPE
- s = stiffener spacing in meter
- PF = 72 kN/m³

Maka didapatkan nilai T_y sebesar 20,12194 mm dan dibulatkan menjadi 21 mm pada bagian *bottom* dan *side hull*.

5.8. Desain Sistem Hibrida

Sistem Hibrida kapal ikan yang akan didesain mengikuti sistem yang sudah diterapkan pada kapal Energy Observer, yakni dengan memanfaatkan tiga energi terbarukan berupa sinar matahari, angin, dan gas hidrogen yang diproduksi langsung diatas kapal dan tidak menghasilkan emisi berbahaya bagi lingkungan. Seperti terlihat pada Gambar 5. 7 bahwa energi yang berasal dari angin akan diserap oleh VAWT (*Vertical Axis Wind Turbine*) dan energi yang berasal dari sinar matahari akan diserap oleh *Photovoltaic Panel* untuk dikonversi menjadi energi listrik dan disimpan di dalam baterai *lithium*. Penggunaan sistem hibrida dengan mengombinasikan VAWT dan *PV Panel* berguna untuk memaksimalkan penyerapan energi untuk satu hari penuh. Pada pagi hari sampai dengan menjelang sore hari *PV Panel* akan menyerap energi secara maksimal dikarenakan intensitas matahari dalam keadaan besar dan juga pada keadaan cuaca cerah, sedangkan VAWT akan menyerap energi sepanjang hari selama terdapat hembusan angin darat maupun angin laut dan juga pada keadaan cuaca mendung, hujan dan angin kencang. Berikut ini merupakan gambaran secara umum dari sistem hibrida yang didesain:



Gambar 5.8 Sistem Hibrida Pada Kapal Wisata Berbahan HDPE

Energi terbarukan berupa gas hidrogen yang diproduksi langsung di kapal dari hasil pengolahan air laut akan dikonversi menjadi energi listrik melalui reaksi kimia yang terjadi di dalam *fuel cell*, khususnya jenis PEM-FC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*). Pemanfaatan energi dari gas hidrogen dapat dilakukan sepanjang hari dan intensitas produksi tidak tergantung pada kondisi cuaca, namun untuk memulai proses produksi gas hidrogen dari air laut membutuhkan energi listrik dari baterai yang terlebih dahulu dikonversi melalui *inverter*. Semua peralatan yang terdapat pada kapal menggunakan listrik dengan arus AC (*Alternating Current*) sementara itu energi listrik yang akan dialirkan oleh baterai dan *fuel cell* merupakan listrik DC (*Direct Current*) sehingga perlu untuk dikonversi menggunakan *inverter* untuk memenuhi kebutuhan peralatan listrik pada kapal.

Komponen penghasil listrik di kapal dibagi menjadi dua yakni *fuel cell* dan baterai. Pada pengoperasian *fuel cell* dibutuhkan gas hidrogen sebagai bahan bakar utama yang akan dihasilkan dari air laut melalui beberapa tahapan/proses seperti terlihat pada Gambar 5.8 berikut ini:



Gambar 5.9 Proses Produksi Gas Hidrogen *On-Board*

Seperti yang sudah dijelaskan pada Bab II.3.6, proses produksi gas hidrogen melalui tiga tahapan yakni desalinasi, elektrolisis dan juga kompresi. Proses dimulai dari air laut yang masuk ke tangki *seawater* melalui *seachest* pada kedua sisi kapal dan akan dibiarkan untuk beberapa saat lalu dengan alat *desalinator* akan dihasilkan air murni/purifikasi yang akan dialirkan pada tangki *purified water* untuk kemudian dielektrolisis menggunakan alat *electrolyser* untuk menghasilkan gas hidrogen dengan reaksi $H_2O \rightarrow 2H_2 + 1/2O_2$. Gas hydrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis perlu untuk dikompresi agar dapat disimpan dalam jumlah yang banyak menggunakan ruang/luasan seminimal mungkin, proses kompresi dilakukan hingga gas hidrogen mencapai tekanan 350 bar atau setara dengan 35 MPa. Tangki penyimpanan gas hidrogen dalam tekanan tinggi menggunakan bahan komposit khusus yang dapat bekerja pada tekanan tersebut. Pada umumnya, terdapat tiga cara untuk menyimpan gas hidrogen yakni:.

- Hidrogen dalam bentuk gas terkompresi (tangki bertekanan tinggi 150-350 bar atau lebih),
- Hidrogen dalam bentuk cairan (tangki dengan suhu $\pm -253^\circ C$ setara dengan 20.15 K),
- Hidrogen dalam bentuk padat (direaksikan dengan logam/senyawa kimia).

Penyimpanan hidrogen dalam bentuk gas yang digunakan pada kapal dikarenakan reaksi pada *fuel cell* membutuhkan hidrogen dalam wujud gas. Setelah hidrogen terkumpul pada tangki-tangki komposit maka gas hidrogen akan dialirkan menuju *fuel cell* sebagai bahan bakar penghasil listrik.

Komponen penghasil listrik lainnya di kapal yakni baterai membutuhkan pengisian secara berkala saat daya yang tersimpan di dalamnya sudah hampir habis. Pada Gambar 5.9 berikut ini dapat dilihat sistem pengisian daya yang terjadi.



Gambar 5.10 Sistem Pengisian Daya Baterai

Seperti terlihat pada Gambar 5.9 bahwa pengisian daya baterai di kapal menggunakan dua sumber utama yakni VAWT dan PV *panel* yang dihubungkan dengan *Hybrid Charge Controller* khusus. Durasi pengisian daya baterai bergantung pada jumlah VAWT dan PV *panel* yang digunakan di kapal, semakin banyak VAWT dan PV *panel* yang digunakan maka akan semakin mempercepat pengisian daya baterai, namun juga akan semakin membutuhkan tempat yang lebih luas. Pada desain sistem hibrida dilakukan perhitungan kebutuhan minimum jumlah VAWT dan PV *panel* yang akan dimaksimalkan dengan batasan luasan *top deck* kapal. Daya yang dihasilkan dari VAWT dan PV *panel* diharuskan mampu mengisi ulang daya baterai dalam waktu kurang dari sehari atau secepatnya dikarenakan pada perhitungan, gas hidrogen yang terdapat di tabung akan habis dalam waktu sehari/24 jam.

5.9. Perhitungan Sistem Hibrida

Setelah mendesain sistem hibrida pada kapal, maka dilakukan beberapa perhitungan terkait total kebutuhan listrik, kebutuhan hidrogen, kebutuhan purified water, dan juga kebutuhan air laut untuk menghasilkan gas hidrogen.

Penentuan kapasitas listrik *fuel cell* didasarkan pada total kebutuhan peralatan listrik di kapal dengan rincian sebagai berikut:

- a. *Electric Motor*
- b. *On-Board Needs*
- c. *Desalinator*
- d. *Electrolyser*
- e. *Compressor*

Dengan menjumlahkan kebutuhan daya dari masing-masing komponen diatas maka diperoleh total kebutuhan listrik di kapal sebesar 80,68 kW, dan dipilih PEM *fuel cell* dari SIEMENS dengan *output power* sebesar 120 kW. PEM *fuel cell* belum dapat menghasilkan daya apabila gas hidrogen masih dalam tahapan produksi, sehingga dibutuhkan tenaga listrik dari baterai untuk memulai proses produksi gas hidrogen dari air laut. Total daya yang dibutuhkan untuk memproduksi hidrogen terdiri dari *Desalinator*, *Electrolyser* dan *Compressor*

Adapun perhitungan keseluruhan sistem hibrida sebagai berikut:.

- a. Total kebutuhan gas hidrogen untuk *fuel cell* 80 kW = 40 kg/hari didapatkan dengan melakukan perbandingan terhadap kapal yang sudah beroperasi

menggunakan PEM *fuel cell* (J. Schneider, 2010), lalu diberikan *margin* sebesar 50% maka total kebutuhan gas hidrogen diperoleh sebesar 60 kg/hari.

- b. 40 kg gas hidrogen akan disimpan didalam tangki komposit khusus yang memiliki tekanan sebesar 350 bar dengan kapasitas gas hidrogen sebesar 5.3 kg/tangki, maka dibutuhkan 6 tangki.
- c. Kompresor yang akan menaikkan tekanan gas hidrogen memiliki kapasitas debit hidrogen sebesar 13 m³/jam dan membutuhkan daya sebesar 5.5 kW, maka kompresor akan dioperasikan selama 1.04 jam, maka diperoleh daya yang dibutuhkan sebesar 5.72 kWh.
- d. Elektroliser yang digunakan membutuhkan daya sebesar 30 kW, dengan kapasitas *output* gas hidrogen sebesar 6 m³/jam. Maka didapatkan durasi pengoperasian elektroliser 2,26 jam untuk dapat menghasilkan hidrogen dengan volume 13.56 m³ yang selanjutnya akan dikompres untuk menaikkan densitasnya pada tekanan 350 bar. Maka daya yang dibutuhkan sebesar 67,8 kWh.
- e. Tanki H₂O yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan minimal mampu menampung sebesar 3 m³ *purified water*.
- f. Desalinator yang digunakan membutuhkan daya sebesar 5 kW serta memiliki kapasitas *output purified water* sebesar 1.575 m³/h, maka untuk pengisian penuh tangki H₂O, desalinator akan dioperasikan selama 1.5 jam dan membutuhkan daya sebesar 7.14 kWh.
- g. Tanki *seawater* yang diperlukan berdasarkan perhitungan minimal mampu menampung sebesar 5 m³ air laut.

Berdasarkan analisis diatas maka total kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 80.68 kWh. Berdasarkan katalog baterai yang didapatkan, baterai memiliki daya 20 kWh, maka akan digunakan 5 baterai dengan total 100 kWh yang berguna untuk memulai proses produksi gas hidrogen.

Sistem pengisian daya baterai berasal dari VAWT dan PV *cells*, dimana sebuah VAWT yang digunakan dapat menghasilkan daya sebesar 0.6 kW dan sebuah PV *panel* dapat menghasilkan daya sebesar 0.5 kW. Dengan melakukan perhitunga jumlah minimal dan menyesuaikan luasan atap bangunan atas maka digunakan 18 buah VAWT dan 8 buah panel PV dengan total daya sebesar 14,8 kW, maka dapat diperoleh durasi pengisian daya baterai selama ± 6,8 jam. (detail perhitungan dapat dilihat pada lampiran)

5.10. Perhitungan Berat dan Titik Berat Kapal

Komponen berat kapal yang akan didesain terdiri dari dua kelompok yakni LWT dan DWT. Komponen LWT terdiri dari berat lambung kapal (pelat, konstruksi dan bangunan atas), berat permesinan (komponen-komponen sistem hibrida) serta berat *equipment & outfitting*. Komponen DWT terdiri dari *payload* (penumpang), dan juga *crew & consumables*.

Perhitungan berat lambung kapal yang berbahan dasar plastik HDPE dilakukan menggunakan bantuan *software maxsurf structure* yang akan menghitung luasan dari pelat kapal kemudian akan dikalikan dengan tebal pelat untuk mendapatkan volume, lalu dikonversi ke dalam berat dengan mengalikan berat jenis plastik HDPE. Sebelum menghitung berat lambung kapal, maka ditentukan tebal pelat HDPE yang akan digunakan dengan mengacu pada regulasi DNV-GL mengenai plastik *polyethylene* sebagai bahan dasar lambung kapal. Berikut ini Gambar 5.11 yang menunjukkan perhitungan luas pelat lambung kapal menggunakan *maxsurf structure*:



Gambar 5.11 Perhitungan Luas Pelat Kapal

Adapun rekapitulasi dari perhitungan berat dan titik berat dari masing-masing komponen kapal terlihat pada berikut ini:

Tabel 5.8 Tabel Perhitungan Berat dan Titik Berat

Komponen	Berat (ton)	LCG (m dari AP)	KG (m)
LWT			
Lambung Kapal	8,70	5,57	1,20
Komponen <i>Hybrid</i>	9,58	5,58	1,7
<i>Main Engine</i>	0,33	1,61	0,23
DWT			
<i>Crew & Consumables</i>	9,75	5,5	0,81
Penumpang	4,95	15,4	7,7
<i>Equipment</i>	1,12	9,73	1,12
Total	34,77	5,60	1,20

5.11. Pengecekan Berat Kapal dan *Displacement*

Setelah dilakukan perhitungan total berat kapal, maka dilakukan pengecekan dengan total displacement kapal dengan margin 2-10%. Margin yang diperoleh berdasarkan pengecekan ialah sebagai berikut:

<i>Displacement</i> Kapal	= 38.05 ton
Berat total Kapal	= 34,77 ton
Selisih <i>Displacement</i>	= Berat kapal – (LWT + DWT)
<i>Margin</i> Kapal	= 8,6 %
Status	= <i>Accepted</i>

5.12. Perhitungan *Freeboard*

Perhitung lambung timbul kapal dengan panjang kurang dari 24 m tidak dapat menggunakan ketentuan *International Convention on Load Lines (ICLL)* 1966. Oleh sebab itu, perhitungan lambung timbul menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standard Indonesian Flagged Chapter VI, Appendix 4*. Berikut ini merupakan perhitungan lambung timbul kapal:

L	= 16 m
H	= 2 m
B	= 4,6 m
T	= 1,1 m
d1	= 85% Moulded Depth
	= 4.68 m
CB	= 0.53
Tipe kapal	= <i>Type B</i>

Perhitungan :

- Initial Freeboard (fb) for Type B Vessels

$$\begin{aligned} Fb &= 0.8L \text{ cm } L \leq 50\text{m} \\ &= 12.80 \text{ cm} \end{aligned}$$

- Koreksi

1. Koreksi Cb

Apabila $Cb \geq 0.68$, maka harus dikalikan dengan faktor :

$$Cb = 16.80 \text{ cm}$$

2. Koreksi Depth/Height of Vessel

Apabila $D \geq L/15$, maka freeboard harus ditambahkan :

Apabila $D \leq L/15$, maka freeboard tidak perlu dikoreksi

$$L/15 = 1.06$$

$$D = 2$$

$$\text{Koreksi} =$$

$$Fb2 = 31 \text{ cm}$$

3. Koreksi Superstructure and trunk

Apabila kapal memiliki bangunan atas dan trunk, maka freeboard harus dikurangi dengan :

$$Ls = \text{Panjang Superstructure (11 m)}$$

$$Hs = \text{Tinggi Superstructure (2 m)}$$

$$\text{Koreksi} = 4,5 \text{ cm}$$

Total Lambung Timbul

$$Fb' = Fb2 - \text{Pengurangan}$$

$$= 27 \text{ cm}$$

4. Actual Freeboard

$$Fba = H - T$$

$$= 1 \text{ m}$$

Accepted (karena $Fba > Fb$ perhitungan maka *Accepted*)

5.13. Perhitungan Stabilitas

Perhitungan stabilitas pada Tugas Akhir ini dilakukan berdasarkan kemungkinan *loadcase* yang terjadi selama kapal berlayar dan diperoleh 7 *loadcase* yang mewakili sebagai berikut:

Tabel 5.9 *Loadcase* Kapal Wisata Hibrida HDPE

Kondisi Kapal	LWT + Crew	Gas Hidrogen	Purified water	Seawater	Penumpang
<i>Loadcase 1</i>	100%	0%	0%	0%	0%
<i>Loadcase 2</i>	100%	0%	0%	100%	0%
<i>Loadcase 3</i>	100%	0%	100%	0%	0%
<i>Loadcase 4</i>	100%	100%	0%	0%	0%
<i>Loadcase 5</i>	100%	100%	100%	100%	0%
<i>Loadcase 6</i>	100%	100%	100%	100%	50%

<i>Loadcase 7</i>	100%	100%	100%	100%	100%
-------------------	------	------	------	------	------

Loadcase 1-5 merupakan tahap awal produksi bahan bakar pada kapal yakni gas hidrogen, dapat dilihat pada Tabel 5.9 bahwa masih belum ada. *Loadcase 6-7* merupakan tahap pada saat proses wisata, dimana sepanjang proses ini produksi hidrogen juga tetap berlangsung dan tangki *seawater, purified water*, dan gas hidrogen selalu diusahakan dalam keadaan penuh untuk menjadi *back up* apabila daya dari baterai sudah habis.

Setelah didapatkan *loadcase* seperti pada Tabel 5.19, maka dilakukan analisis stabilitas dengan bantuan aplikasi *maxsurf stability* dan diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 5.10 *Loadcase* Kapal Wisata Hibrida HDPE

Data	<i>Loadcase1</i>	<i>Loadcase 2</i>	<i>Loadcase3</i>	<i>Loadcase4</i>	<i>Loadcase5</i>	<i>Loadcase6</i>	<i>Loadcase7</i>	Kriteria	Status
e0-30°(m.deg)	10.76	10.6954	10.0672	9.8956	8.723	8.7991	8.8009	≥ 3.15	OK
e0-40°(m.deg)	17.0491	16.9256	15.8313	15.5193	13.4697	13.6155	13.6352	≥ 5.16	OK
e30-40°(m.deg)	6.2881	6.2302	5.7641	5.6237	4.7468	4.8164	4.8343	≥ 1.72	OK
h30°(m.deg)	0.633	0.627	0.579	0.565	0.478	0.484	0.485	≥ 0.20	OK
θmax(deg)	36.4	50.9	35.5	34.5	32.7	33.6	35.5	≥ 25	OK
GM0(m)	1.494	1.44	1.353	1.326	1.182	1.205	1.228	≥ 0.15	OK
Passenger crowding: angle of equilibrium (deg)	10	10	10	10	10	10	10	≤10	OK

5.14. Perhitungan *Trim*

Trim merupakan keadaan pada kapal dimana terjadi perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi dimana sarat belakang T_f dan sarat depan T_a adalah sama. *Trim* terbagi dua yaitu :

- Trim* haluan ($T_a \leq T_f$)
- Trim* buritan ($T_f \leq T_a$)

Perhitungan trim dengan rumus yang diambil dari buku *Parametric Design, Chapter 11*:

$$\begin{aligned}
 L &= 16 \text{ m} & \text{Vol. Disp} &= 37.12 \text{ m}^3 \\
 B &= 5.5 \text{ m} & \text{KG} &= 0.93 \text{ m}^3 \\
 T &= 2 \text{ m} & \text{LCG dr FP} &= 9.58 \text{ m} \\
 C_m &= 0.69 & \text{LCB dr FP} &= 9.55 \text{ m} \\
 C_b &= 0.53 \\
 C_{wp} &= 0.87
 \end{aligned}$$

Hydrostatic Properties

$$\begin{aligned}
 \text{KB/T} &= 0.90 - 0.30C_m - 0.1C_b \\
 &= 0.6896 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{CIT} &= 0.1216 C_{wp} - 0.0410 \\
 &= 0.06418
 \end{aligned}$$

$$IT = CIT \cdot L \cdot B^3$$

$$= 128.368$$

BMT = Jarak antara titik tekan *buoyancy* terhadap titik *metacenter* secara melintang

$$BMT = IT/vol$$

$$= 3.46 \text{ m}$$

CIL = *longitudinal inertia coefficient*

$$CIL = 0.350 C_{wp2} - 0.405 C_{wp} + 0.146$$

$$= 0.05755$$

IL = *moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis*

$$IL = CIL \cdot B \cdot L^3$$

$$= 1178.7$$

BML = Jarak antara titik tekan *bouyancy* terhadap titik *metacenter* secara memanjang

$$BML = IL/vol$$

$$= 31.75 \text{ m}$$

$$GML = BML + KB - KG$$

$$= 33,65 \text{ m}$$

$$Trim = TA - TF$$

$$Trim = (LCG - LCB) \cdot L / GML$$

$$= 0.03 \text{ m}$$

Kondisi *trim Buritan* = *Trim Buritan* (karena jika nilai *trim* < 0 maka *trim* haluan; *trim* > 0 maka

trim buritan; trim = 0 maka even keel)

$$LCG-LCB = 0.073$$

$$\text{Batasan } Trim \ 0.5\%L_{pp} = 0.080 \text{ m}$$

$$\text{Kondisi Total} = \text{OK (karena selisih LCG \& LCB < 0.5\% L_{pp})}$$

BAB 6 ANALISIS EKONOMIS

6.1. Biaya Pembangunan Kapal

Perhitungan biaya pembangunan kapal meliputi total harga dari seluruh komponen kapal seperti pelat HDPE, komponen dari sistem hibrida, perlengkapan kapal yang akan ditambahkan *margin* keuntungan dari galangan. Pada Tabel 6.1 berikut ini terlihat rincian biaya yang dibutuhkan untuk membangun kapal wisata hibrida berbahan dasar plastik HDPE:

Tabel 6.1 Perhitungan Biaya Pembangunan Kapal Wisata Hibrida HDPE

Kategori	Jenis	Jumlah	Satuan	Harga/satuan (\$)	Harga/satuan Rupiah	Harga Total
lambung kapal	Pelat HDPE (Lambung + Superstructure)	86	lembar	\$ 1.155.00	Rp 16.659.720.00	Rp 1.432.735.920.000
	Desalinator	1	buah	\$ 13.000.00	Rp 187.512.000.00	Rp 187.512.000.000
Sistem Hibrida	Electrolyser	1	buah	\$ 50.000.00	Rp 57.750.000.00	Rp 57.750.000.000
	Compressor	1	buah	\$ 7.146.50	Rp 92.904.500.00	Rp 92.904.500.000
	Tanki H2	5	buah	\$ 69.00	Rp 3.450.000.00	Rp 17.250.000.000
	Fuel Cell	1	buah	\$ 50.000.00	Rp 357.325.000.00	Rp 357.325.000.000
	Baterai	5	buah	\$ 13.297.95	Rp 917.558.55	Rp 4.587.792.750
	Solar Panel	8	buah		Rp 5.000.000.00	Rp 40.000.000
	VAWT	18	buah	\$ 768.20	Rp 11.080.516.80	Rp 199.449.302.400
	Main Engine	1	buah	\$ 20.885.00	Rp 301.245.240.00	Rp 301.245.240.000
Permesinan	radar	1	buah	\$ 5.000.00	Rp 72.120.000.00	Rp 72.120.000.000
	kompas	1	buah	\$ 55.00	Rp 793.320.00	Rp 793.320.000
	gps	1	buah	\$ 4.000.00	Rp 57.696.000.00	Rp 57.696.000.000
	lampu navigasi					
	-MasterHead Light	1	buah	\$ 10.00	Rp 144.240.00	Rp 144.240.000
	- Anchor Light	1	buah	\$ 9.00	Rp 129.816.00	Rp 129.816.000
	- starboard light	1	buah	\$ 12.00	Rp 13.860.00	Rp 13.860.000
	- portside light	1	buah	\$ 12.00	Rp 156.000.00	Rp 156.000.000
	Simplified Voyage Data Recorder (SVDR)	1	buah	\$ 12.50	Rp 625.000.00	Rp 625.000.000
	Automatic Identification System (AIS)	1	buah	\$ 1.40	Rp 10.005.10	Rp 10.005.100
Equipment & outfitting	life jacket	58	buah		Rp 652.800.00	Rp 37.862.400.000
	lifebuoy	8	buah		Rp 237.500.00	Rp 1.900.000.000
	liferaft	2	buah		Rp 13.000.000.00	Rp 26.000.000
	jangkar	3	buah		Rp 14.047.000.00	Rp 42.141.000
	perlengkapan pemadam	1	buah		Rp 69.353.000.00	Rp 69.353.000
	Kursi Penumpang	57	buah	\$ 188.00	Rp 2.711.712.00	Rp 63.725.232.000
	Kursi Kapten	1	buah	\$ 263.99	Rp 3.807.791.76	Rp 3.807.791.7600
	Biaya Pembangunan					Rp 3.067.237.420.01
	Biaya Tenaga Kerja (20% biaya pembangunan)					Rp 613.447.484.00
	Margin Keuntungan Galangan (15%)					Rp 460.085.613.00
Biaya Dukungan Pemerintah inflasi (5%)					Rp 766.809.355.00	
Total Akhir Biaya Pembangunan					Rp 5.060.941.743.02	

Dari perhitungan pada Tabel 6. 1 diatas, maka diperoleh biaya total pembangunan kapal sebesar Rp 5,060,941,743,00. Diketahui bahwa kurs yang didapat dari Bank Indonesia per 20 Desember 2019 adalah 1 USD = Rp.14,424.00.

6.2. Perhitungan Biaya Operasional

Untuk memenuhi biaya pembangunan tersebut maka dilakukan peminjaman uang kepada bank. Terdapat banyak pilihan Bank yang dapat dipilih, akan tetapi dalam perhitungan ini dalam peminjaman bank yang dipilih adalah Bank Mandiri. Bank Mandiri memiliki ketentuan mengenai kredit investasi. Dengan ketentuan sebagai berikut:

- a. Mempunyai *Feasibility Study*
- b. Mempunyai izin-izin usaha, misalnya SIUP, TDP dan lain-lain
- c. Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu (*Grace Period*) maksimum 4 tahun
- d. Maksimum pembiayaan bank 65% dan *Self Financing* (SF) 35%

Berdasarkan ketentuan tersebut, maka rincian mengenai kredit investasi kepada Bank Mandiri dapat dilihat di lampiran, dan untuk penjelasan hanya berupa hasil rekapitulasi biaya operasional Kapal Wisata HDPE, yakni seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6.4.

Tabel 6.2 Rekapitulasi Biaya Operasional

1	Gaji Crew		
	Jumlah Crew	3	orang
	Gaji Crew Per bulan	Rp 5,000,000.00	per orang
	Gaji Crew Per tahun	Rp 60,000,000.00	per orang
	Total Gaji Crew per tahun	Rp 180,000,000.00	per tahun
2	Biaya Perawatan (Dayusari, 2017)		
	Diasumsikan 5% total dari <i>Building Cost</i>	Rp 253,047,087.15	per tahun
3	Biaya Asuransi (Watson,1998)		
	Diasumsikan 1% total dari <i>Building Cost</i>	Rp 50,609,417.43	per tahun
4	Pinjaman Bank Mandiri (Dayusari, 2017)		
	Building Cost	Rp 5,060,941,743.02	
	Pinjaman dari Bank	65%	
	Nilai Pinjaman	Rp 3,289,612,132.96	
	Bunga Bank (Bank Mandiri, 2019)	9.60%	per tahun
	Nilai Bunga Bank	Rp 315,802,764.76	per tahun
	Lama Pinjaman	10	tahun
	Pembayaran Cicilan Pinjaman	1 x	per tahun
	Nilai Cicilan Pinjaman	Rp 644,763,978.06	per tahun
	Total Biaya Operasional	Rp 1,128,420,482.64	IDR

Maka dari perhitungan tersebut, dapat diketahui bahwa biaya operasional kapal yang dikeluarkan sebesar **Rp 1,128,420,482,00** pada tahun pertama.

6.3. *Payback Period*

Pada penentuan harga tiket wisata diklasifikasikan menjadi dua jenis tiket, yakni tiket weekdays (Selasa – Jumat) dan weekend (Sabtu dan Minggu). Harga tiket yang direncanakan untuk wisata di Kepulauan Karimunjawa (Pulau Karimunjawa – Pulau Cemara – Pulau Menjangan) dapat dilihat pada Tabel 6. 4

Tabel 6.3 Rencana Harga Tiket

Klasifikasi Harga	Low Season		Peak Season	
Weekday	Rp	45,000.00	Rp	75,000.00
Weekend	Rp	65,000.00	Rp	95,000.00

Dengan jumlah hari operasi seperti pada Tabel 6.5.

Tabel 6.4 Jumlah Hari Operasional

Season	Jumlah Hari	Weekday	Weekend
Low Season	153	110	43
Peak Season	212	153	60
Total Hari	365	263	103

Pembagian perencanaan harga tiket tersebut dilakukan agar mengetahui nilai NPV dan IRR pada tiap harga perencanaan untuk dilihat pada harga atau nilai berapakah harga perencanaan tiket memiliki nilai yang paling relevan. Kemudian didapatkan rekapitulasi payback period seperti yang dapat dilihat pada Tabel 6. 5.

Tabel 6.5 Perhitungan Payback Periode

Tahun ke- (P)	Discounted Net Cashflow	Accumulated Net Cashflow
0	(5,376,744,507.78)	(5,376,744,507.78)
1	961,116,849.91	(4,415,627,657.87)
2	833,213,387.36	(3,582,414,270.51)
3	722,331,055.74	(2,860,083,214.78)
4	626,204,717.78	(2,233,878,497.00)
5	542,870,676.06	(1,691,007,820.94)
6	470,626,557.99	(1,220,381,262.94)
7	407,996,539.24	(812,384,723.70)
8	353,701,195.15	(458,683,528.55)
9	306,631,364.29	(152,052,164.26)
10	265,825,490.14	113,773,325.88
11	230,449,978.18	344,223,304.06
12	199,782,166.92	544,005,470.98
13	173,195,565.19	717,201,036.17
14	150,147,053.98	867,348,090.16
15	130,165,791.46	997,513,881.62
16	112,843,594.44	1,110,357,476.06
17	97,826,599.93	1,208,184,075.99
18	84,808,036.31	1,292,992,112.30
19	73,521,956.48	1,366,514,068.78
20	63,737,805.04	1,430,251,873.82

Dengan rumus $Payback\ Period = P + |Accumulated\ Net\ Cashflow\ P| / Net\ Cashflow$

P+1, Maka :

P = Tahun terakhir kas kumulatif negatif

P = 6

Kas Kumulatif P = 4,415,627,657.87

Arus Kas P+1 = 833,213,387,36

Payback Periode = 11 Tahun 3 Bulan 20 Hari

6.4. *Net Present Value (NPV)*

Net Present Value merupakan selisih antara pengeluaran dan pemasukan yang telah didiskon dengan menggunakan social opportunity cost of capital sebagai diskon factor, atau dengan kata lain merupakan arus kas yang diperkirakan pada masa yang akan datang yang didiskonkan pada saat ini. Untuk menghitung NPV diperlukan data tentang perkiraan biaya investasi, biaya operasi, dan pemeliharaan serta perkiraan manfaat/keuntungan dari proyek yang direncanakan.

Arus kas masuk dan keluar yang didiskonkan pada saat ini (present value/PV) yang dijumlahkan selama masa hidup dari proyek tersebut dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$PV = \frac{Rt}{(1 + i)^t}$$

Keterangan:

Rt = Arus kas bersih dalam waktu t

i = Suku bunga yang dikeluarkan

t = Waktu arus kas

Dari perhitungan biaya pembangunan dan operasional kapal, maka dapat dilakukan perhitungan NPV. Perhitungan yang dilakukan kemudian dilihat berdasarkan Tabel 6.6.

Tabel 6.6 Arti Perhitungan NPV terhadap Keputusan Investasi yang akan dilakukan

Bila	Berarti	Maka
NPV > 0	Investasi yang dilakukan memberikan manfaat bagi perusahaan	Proyek dapat dijalankan
NPV < 0	Investasi yang dilakukan akan mengakibatkan kerugian bagi perusahaan	Proyek ditolak
NPV = 0	Investasi yang dilakukan tidak mengakibatkan perusahaan untung ataupun merugi	Proyek dilaksanakan atau tidak dilaksanakan tidak berpengaruh pada perusahaan. Keputusan harus ditetapkan dengan menggunakan kriteria lain misalnya dampak investasi terhadap positioning perusahaan

6.5. Internal Rate of Return (IRR)

IRR adalah tingkat bunga dimana nilai NPV dari semua *cash flows* (positif ataupun negatif) dari suatu proyek atau investasi bernilai nol. IRR digunakan untuk mengevaluasi daya tarik dari suatu proyek atau investasi (Erlangga, 2018). Jika nilai IRR lebih besar dari bunga pinjaman maka investasi dapat diterima dan sebaliknya. Perhitungan IRR sama dengan perhitungan NPV namun butuh variabel *interest rate* kedua yang berdekatan dengan *interest rate* yang pertama untuk menghitungnya. Hasil perhitungan NPV dan IRR dapat dilihat pada Tabel 6.6.

Tabel 6.7 Perhitungan NPV dan IRR

PERHITUNGAN NPV DAN IRR			
	<i>Present Value = Future Value * Discount Factor</i>		
Nilai Investasi			Rp5,376,744,507.78
Umur Ekonomis			20
Tingkat Diskonto (i)			15.35%
Faktor Diskonto			$1 / (1+i)^n$
Net Cashflow			Rp1,108,654,293.35
(dalam jutaan)			
Tahun ke- (n)	Net Cashflow (Rp)	Faktor Diskonto	Net Present Value (Rp)
0	(5,376.74)	1.000	(5,376.74)
1	1,108.65	0.867	961.12
2	1,108.65	0.752	833.21
3	1,108.65	0.652	722.33
4	1,108.65	0.565	626.20
5	1,108.65	0.490	542.87
6	1,108.65	0.425	470.63
7	1,108.65	0.368	408.00
8	1,108.65	0.319	353.70
9	1,108.65	0.277	306.63
10	1,108.65	0.240	265.83
11	1,108.65	0.208	230.45
12	1,108.65	0.180	199.78
13	1,108.65	0.156	173.20
14	1,108.65	0.135	150.15
15	1,108.65	0.117	130.17
16	1,108.65	0.102	112.84
17	1,108.65	0.088	97.83
18	1,108.65	0.076	84.81
19	1,108.65	0.066	73.52
20	1,108.65	0.057	63.74
Penilaian Investasi:		NPV	1,430.25
Metode NPV		IRR	20.09%
Layak			
Metode IRR			
Layak			

Dengan bunga bank sebesar 9.60% maka nilai NPV sebesar Rp 1,430,250,000,00 dan nilai IRR sebesar 20.09 %, Proyek dikatakan LAYAK karena nilai NPV > 0.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 7

DESAIN KAPAL WISATA BERBAHAN DASAR *HIGH DENSITY POLYETHYLENE* (HDPE)

7.1. Umum

Setelah dilakukan analisis teknis dan juga analisis ekonomis pada bab-bab sebelumnya, maka pada bab ini akan dibahas mengenai desain kapal wisata hibrida berbahan dasar HDPE. Desain dari kapal wisata hibrida berbahan HDPE meliputi konfigurasi VAWT dan PV panel, *midship section*, gambar *lines plan*, *general arrangement* dan *3D modelling*.

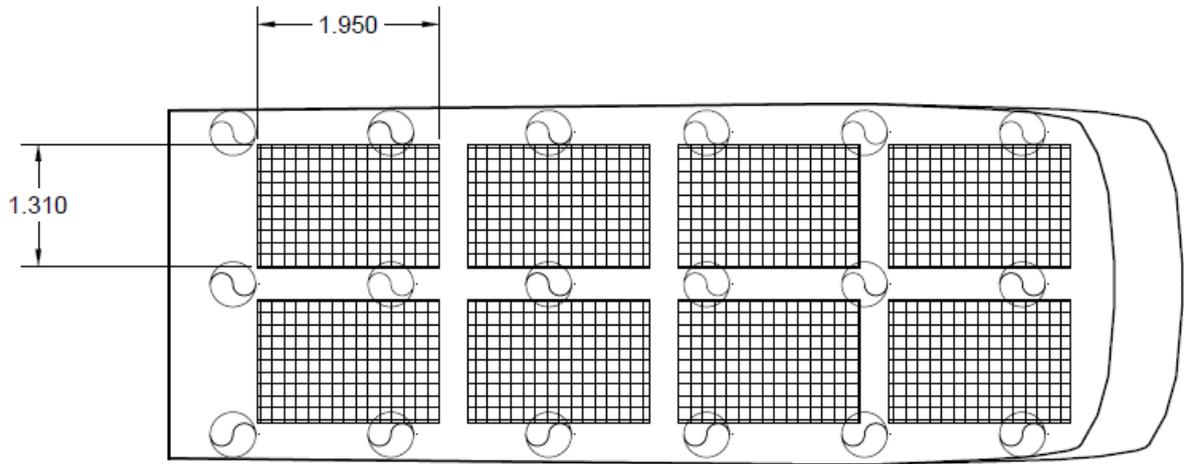
7.2. Konfigurasi Sistem *Hybrid*, VAWT dan PV Panel

Terdapat tiga tahapan dalam proses produksi gas hidrogen yaitu desalinasi, elektrolisis dan juga kompresi. Proses dimulai ketika *seawater* pada *seachest* masuk ke alat desalinator dan menghasilkan air murni/purifikasi yang selanjutnya dialirkan ke tangki *purified water* untuk kemudian dielektrolisis menggunakan alat *electrolyser* untuk menghasilkan gas hidrogen dengan reaksi $H_2O \rightarrow 2H_2 + 1/2O_2$. Gas hydrogen yang dihasilkan dari proses elektrolisis dikompresi agar dapat disimpan dalam jumlah yang banyak menggunakan ruang/luasan seminimal mungkin, proses kompresi dilakukan hingga gas hidrogen mencapai tekanan 350 bar atau setara dengan 35 MPa. Tangki penyimpanan gas hidrogen dalam tekanan tinggi menggunakan bahan komposit khusus yang dapat bekerja pada tekanan tersebut. Skema produksi gas dapat dilihat pada Gambar 7.1.



Gambar 7.1 Skema Produksi Gas Hidrogen

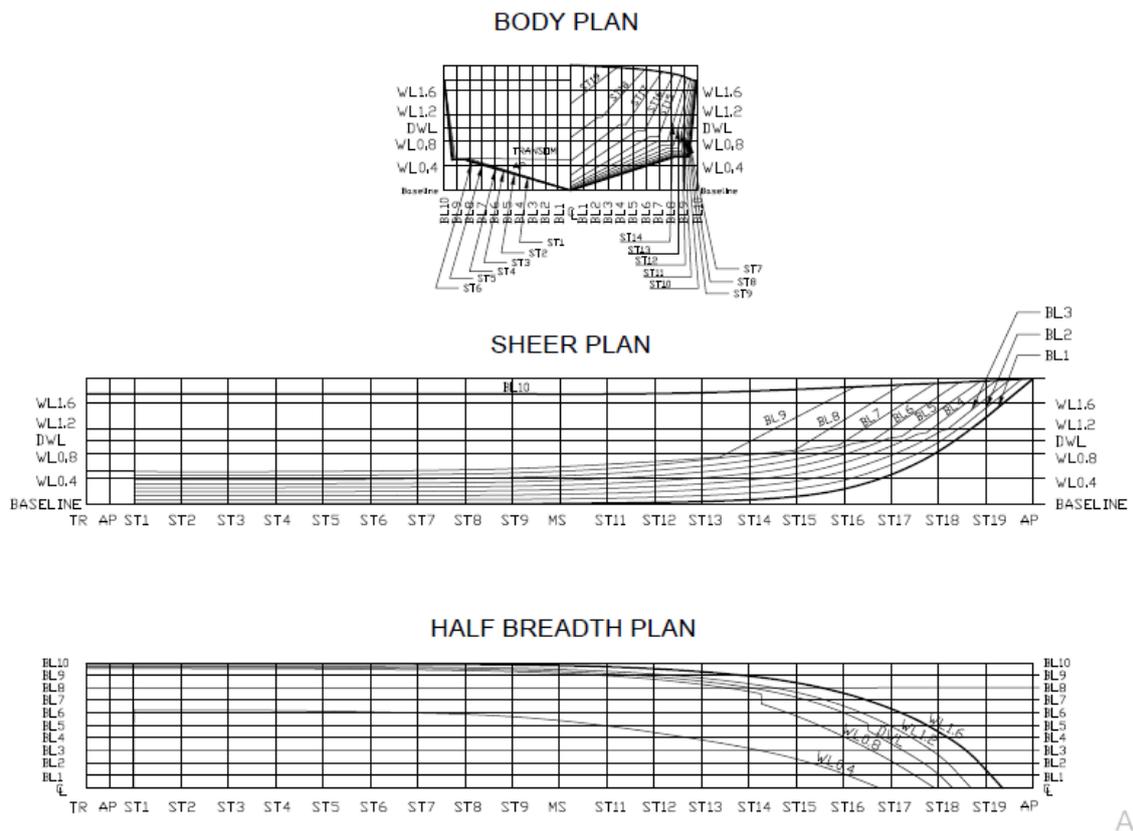
Lalu untuk sistem pengisian baterai, didapat dari VAWT dan PV panel, jumlah VAWT dan PV Panel disesuaikan dengan luasan atap dari kapal wisata HDPE. Dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, didapatkan 16 buah VAWT dan 8 buah PV Panel yang dapat mengisi baterai dengan kapasitas 100 kW selama 6,8 jam. Kemudian, dilakukan *plotting* dan disesuaikan antara VAWT, PV Panel dan atap bangunan atas kapal yang dapat dilihat pada Gambar 7. 2.



Gambar 7.2 Konfigurasi VAWT dan PV Panel

7.3. Rencana Garis (*Lines Plan*)

Pembuatan rencana garis / *lines plan* dilakukan dengan kombinasi *software maxsurf modeler* dan AutoCAD. Gambar *Lines Plan* dapat dilihat pada Gambar 7.3.



Gambar 7.3 *Lines Plan* Kapal Wisata Berbahan Dasar HDPE

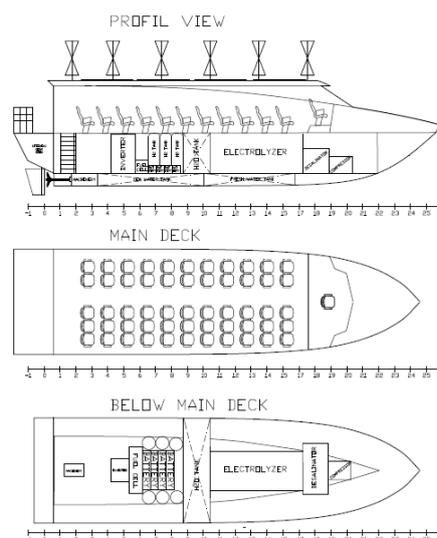
Rencana garis merupakan langkah dasar dari sebuah tahap perancangan kapal. Di mana fungsinya untuk memberikan gambaran umum bentuk tiga dimensi badan kapal. Di dalam gambar tersebut terdapat tiga proyeksi badan kapal yang meliputi proyeksi tampak depan (*Body Plan*), tampak samping (*Sheer Plan*), dan tampak atas (*Half Breadth Plan*).

Setiap proyeksi menggambarkan badan kapal yang terpotong-potong pada arah tertentu dengan jarak yang secara umum konstan.

Body plan menggambarkan bentuk lambung kapal tampak depan dengan dua sisi untuk bagian kapal yang berbeda, sebelah kanan *Center Line* (garis tengah kapal pada pandangan depan dan atas) menunjukkan bagian kapal di depan *Midship*, sedangkan sebelah kiri *Center Line* untuk bagian kapal dari *Midship* ke belakang. Apabila kapal di potong-potong pada arah melintang-vertikal dengan jarak tertentu sepanjang kapal, kemudian garis potong terhadap lambung diproyeksikan ke *Midship* akan didapatkan garis-garis *Station*. Demikian pula *Sheer Plan* menunjukkan proyeksi garis potong lambung terhadap *Center Line* apabila kapal dipotong-potong memanjang-verikal setengah lebar kapal. Untuk *Half Breadth Plan*, kapal di potong-potong pada jarak tertentu memanjang-horisontal dari *Base Line* (dasar kapal) sampai *deck* kapal sepanjang tinggi kapal, dan kemudian diproyeksikan tegak lurus terhadap *Base Line*. Akan di dapat garis-garis *Water Line*.

7.4. Rencana Umum (*General Arrangement*)

Pembuatan Rencana Umum / *General Arrangement* dilakukan dengan kombinasi *Software maxsurf modeler* dan AutoCAD. Gambar Rencana Umum mengikuti desain Rencana Garis dan menyesuaikan beberapa ketentuan, seperti jarak kursi untuk penumpang, jarak minimal lorong/gangway yang cukup untuk dilalui dua orang saat berpapasan (± 0.6 m), luasan yang dibutuhkan untuk *machinery spaces*, dan ketentuan-ketentuan lainnya. Gambar Rencana Umum kapal dapat dilihat pada Gambar 7.4.



Gambar 7.4 Rencana Umum / *General Arrangement* Kapal Wisata Berbahan Dasar HDPE

Pada desain Kapal Wisata berbahan dasar HDPE pada *main deck* hanya terdapat *passenger area* dengan jumlah kursi sebanyak 55 buah untuk 55 orang penumpang, pada

bagian *top deck* terdapat 8 buah panel surya dan 18 buahVAWT, pada bagian *Engine Room* terdapat mesin utama dan juga komponen-komponen dari sistem hibrida yang ada pada kapal dan sekat tubrukan pada FP.

Untuk perancangan perlengkapan keselamatan kapal disesuaikan dengan ukuran kapal dan juga jumlah penumpang.

11. *Life Buoy*

Ketentuan jumlah *life buoy* untuk kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/22-1 bahwa kapal dengan panjang dibawah 60 meter harus memiliki jumlah *lifebuoy* minimum 8 buah dengan spesifikasi berdasakaan LSA Code II/2-1 adalah sebagai berikut :

- a. Memiliki diameter luar tidak lebih dari 800 mm dan diameter dalam tidak kurang dari 400 mm.
- b. Mampu menahan beban tidak kurang dari 14.5 kg dari besi di air selama 24 jam.
- c. Mempunyai massa tidak kurang dari 2.5 kg.
- d. Tidak mudah terbakar atau meleleh meskipun terbakar selama 2 detik.

12. *Life Jacket*

Kriteria ukuran *Life Jacket* menurut LSA code II/2.2 adalah sebagai berikut:

Tabel 7.1 Kriteria ukuran *Life Jacket*

Ukuran <i>Life Jacket</i>	Balita	Anak-Anak	Dewasa
Berat (kg)	< 15	15 - 43	> 43
Tinggi (cm)	< 100	100 - 155	>155

Sedangkan ketentuan jumlah dan penempatan *life jacket* pada kapal penumpang berdasarkan SOLAS Reg. III/7-2 adalah sebagai berikut:

- a. Sebuah *life jacket* harus tersedia untuk setiap orang di atas kapal, dan dengan ketentuan:
 - Untuk kapal penumpang dengan pelayaran kurang dari 24 jam, jumlah *life jacket* untuk bayi setidaknya sama dengan 2.5% dari jumlah penumpang.
 - Untuk kapal penumpang dengan pelayaran lebih dari 24 jam, jumlah *life jacket* untuk bayi harus disediakan untuk setiap bayi di dalam kapal.
 - Jumlah *life jacket* untuk anak-anak sedikitnya sama dengan 10% dari jumlah penumpang atau boleh lebih banyak sesuai permintaan ketersediaan *life jacket* untuk setiap anak.
 - Jumlah *life jacket* yang cukup harus tersedia untuk orang-orang pada saat akan menuju *survival craft*. *Life jacket* tersedia untuk orang-orang yang berada di *poop deck*, ruang kontrol mesin, dan tempat awak kawal lainnya.

- Jika *life jacket* yang tersedia untuk orang dewasa tidak didesain untuk berat orang lebih dari 140 kg dan lingkar dada mencapai 1.750 mm, jumlah *life jacket* yang cukup harus tersedia di kapal untuk setiap orang tersebut.
- b. *Life jacket* harus ditempatkan pada tempat yang mudah diakses dan dengan penunjuk posisi yang jelas.
- c. *Life jacket* yang digunakan di *totally enclosed lifeboat*, kecuali *free fall lifeboats*, tidak boleh menghalangi akses masuk ke dalam *lifeboat* atau tempat duduk, termasuk pada saat pemasangan sabuk pengaman.

13. *Life Raft*

Life raft yang digunakan adalah tipe inflatable life raft. Ketentuan peletakan *inflatable liferaft* pada kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/21-1.4 sebagai berikut:

- a. *Inflatable life raft* harus diletakkan disetiap sisi kapal dengan kapasitas mampu mengakomodasi seluruh orang di kapal.
- b. Kecuali jika diletakkan di setiap sisi geladak tunggal terbuka yang mudah dipindahkan, maka life raft yang tersedia pada setiap sisi kapal memiliki kapasitas 150% jumlah penumpang.

Memperhitungkan kapasitas penumpang sebanyak 55 orang, maka diperlukan 2 *inflatable life raft* dengan kapasitas per unit 30 orang.

14. *Muster/Assembly Station*

Muster Station merupakan area untuk berkumpul disaat terjadi bahaya. Pada rencananya *Muster Station* akan diletakkan di *main deck*. Ketentuan letak *Muster Station* berdasarkan MSC/Circular.699/II-2 adalah sebagai berikut:

- a. *Muster Station* harus diidentifikasi dengan *muster station symbol*.
- b. Simbol *Muster Station* harus diberi ukuran secukupnya dan diletakkan di *muster station* serta dipastikan mudah terlihat.

15. *Escape Routes*

Simbol *escape route* dipasang disetiap lorong kapal, tangga-tangga, dan di desain untuk mengarahkan penumpang kapal menuju *muster station*. Ketentuan peletakan simbol *escape route* berdasarkan MSC/Circular.699/II-2 adalah sebagai berikut:

- a. Simbol arah ke *muster station* atau simbol *escape way* harus disediakan disemua area penumpang, seperti pada tangga, gang atau lorong menuju *muster station*, di tempat-tempat umum yang tidak digunakan sebagai *muster station*, di setiap pintu masuk ruangan dan area yang menghubungkan tempat umum dan disekitar pintu – pintu pada *deck* terluar yang memberikan akses menuju *muster station*.

- b. Sangat penting bahwa rute menuju ke *muster station* harus ditandai dengan jelas dan tidak diperbolehkan untuk digunakan sebagai tempat meninggalkan barang - barang.
- c. Tanda arah embarkation station dari *muster station* ke *embarkation station*.

16. *Radio and Navigation*

a. *Search and Rescue Radar (SART)*

Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/6, SART harus dibawa saat naik di *lifeboat* atau *liferaft* ketika dilakukan evakuasi agar radar tetap bisa ditangkap.

b. *Emergency Position Indicating Radio Beacon (EPIRB)*

Pada kapal ini rencananya akan dipasang 1 EPIRB pada *navigation deck*. Frekuensi EPIRB yang digunakan menurut SOLAS Reg. IV/8 adalah 406 MHz, dan tertera juga tanggal akhir masa berlaku atau tanggal terakhir sensor apung.

c. *Radio Telephone Apparatus*

Berdasarkan ketentuan SOLAS Reg. III/6, Terdapat paling sedikit 3 (tiga) set *radio telephone* yang memenuhi standart dan diletakkan di *navigation deck* (2 buah) dan 1 di *engine room*.

7.5. *Midship Section*

Sebelum menentukan rancangan *Midship Section* harus dilakukan perencanaan konstruksi profil HDPE dan Perhitungan Modulus menggunakan rumus pendekatan menurut regulasi DNV, maka didapatkan modulus pada tiap bagian seperti pada tabel 7.2.

Tabel 7.2 Modulus HDPE

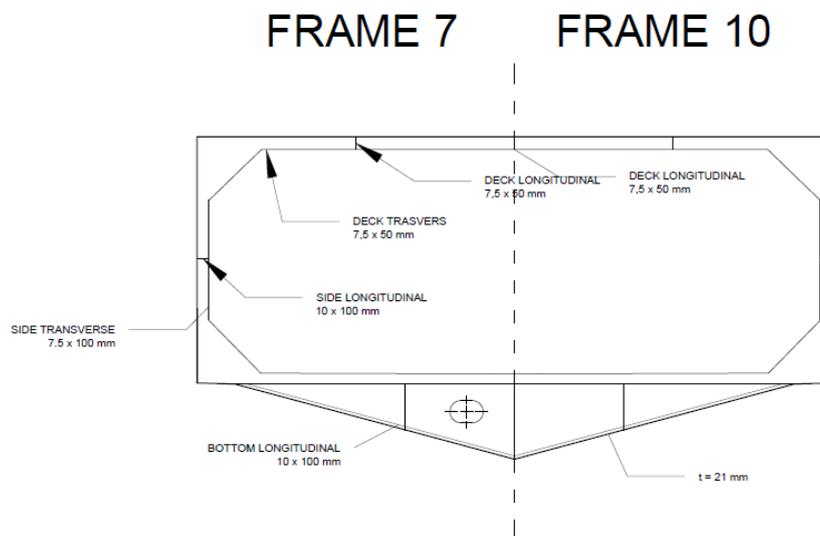
No	Nama Bagian	Modulus (cm ³)
<i>Transverse</i>		
1	<i>Bottom</i>	19,66
2	<i>Main Deck</i>	4,68
3	<i>Side</i>	18,31
<i>Longitudinal</i>		
1	<i>Bottom</i>	28,32
2	<i>Main Deck</i>	6,75
3	<i>Side</i>	26,37

Setelah mengetahui nilai modulus selanjutnya melakukan perencanaan profil konstruksi HDPE, terdapat pada Tabel 7.2.

Tabel 7.3 Ukuran Profil

No	Nama Bagian	Ukuran Profil (cm)
<i>Transverse</i>		
1	<i>Bottom</i>	10 x 0,75
2	<i>Main Deck</i>	5 x 0,75
3	<i>Side</i>	10 x 0.75
<i>Longitudinal</i>		
1	<i>Bottom</i>	10 x 1
2	<i>Main Deck</i>	5 x 0,75
3	<i>Side</i>	10 x 1

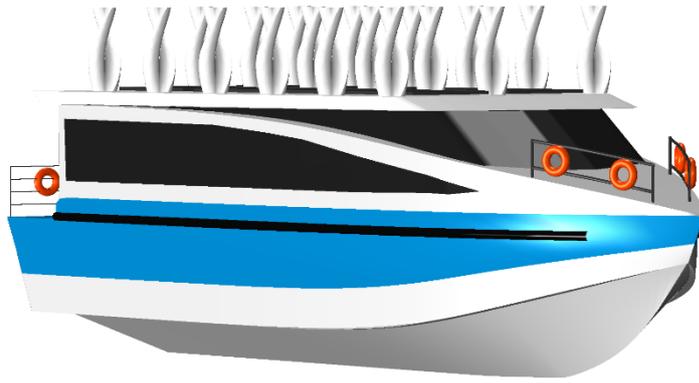
Setelah mengetahui ukuran profil, selanjutnya adalah melakukan perancangan *midship section* menggunakan aplikasi AutoCAD, *midship Section* dapat dilihat pada Gambar 7.5.



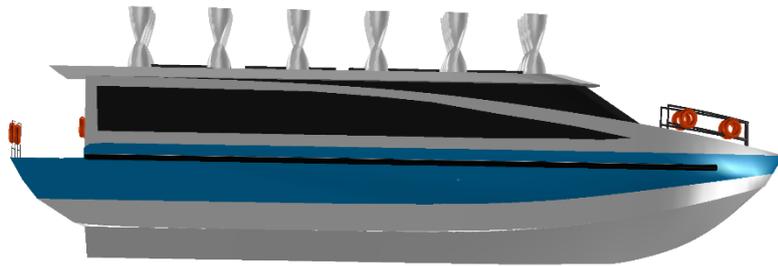
Gambar 7.5 Midship Section Kapal Wisata HDPE

7.6. Pemodelan 3D Kapal

Setelah rencana garis dan rencana umum selesai didesain, maka permodelan 3D akan dibuat dengan mengembangkan bentuk lambung dari *maxsurf*, yang selanjutnya di modelkan menggunakan aplikasi *maxsurf modeler*. Gambar 7. 5 berikut ini merupakan dari permodelan 3D kapal wisata hibrida berbahan HDPE:



Gambar 7.6 Hasil Permodelan 3D Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE Tampak Depan



Gambar 7.7 Hasil Permodelan 3D Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE Tampak Samping

BAB 8

KESIMPULAN DAN SARAN

8.1. Kesimpulan

Berdasarkan perhitungan dari segi teknis maupun ekonomis, maka dari Tugas Akhir ini dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Berdasarkan hasil analisis berupa *forecasting* untuk data wisatawan di Kepulauan Karimunjawa dan kapasitas penumpang yang dapat diangkut oleh kapal wisata *existing*, didapatkan *payload* sebanyak 55 orang.
2. Ukuran utama Kapal Wisata HDPE yang didapatkan :
 - *Length Between Perpendicular* (L_{pp}) = 15 meter
 - *Breadth* (B) = 4,6 meter
 - *Draught* (T) = 1.1 meter
 - *Block Coefficient* (C_B) = 0.53
 - *Service Speed* (V_s) = 8 Knot
3. Berdasarkan analisis teknis yang dilakukan, didapatkan hambatan kapal sebesar 5,405 kN yang didapatkan dari perhitungan. Sehingga daya yang dibutuhkan mesin sebesar 72,6 kW dan menggunakan *electric motor*. Didapatkan *Light Weight Tonnage* (LWT) sebesar 26,087 ton dan *Dead Weight Tonnage* (DWT) sebesar 9,105 ton, di mana *displacement* kapal yaitu sebesar 38.05 ton, maka didapatkan margin *displacement* yaitu sebesar 3,8%. *Freeboard* minimum kapal sebesar 0.27 m.
4. Total kebutuhan gas hidrogen untuk *fuel cell* 80 kW = 40 kg/hari dengan 5 baterai dengan total 100 kWh dan menggunakan 8 buah *PV Panel* dan 18 buah *VAWT* dengan durasi pengisian 6,8 jam.
5. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), *Midship Section*, dan Model 3 Dimensi Kapal Wisata HDPE dapat dilihat pada Lampiran A, Lampiran B, Lampiran C, Lampiran D dan Lampiran E.
6. Besar biaya pembangunan untuk Kapal Wisata HDPE adalah sebesar **Rp 4,447,494,259,00** dengan *Payback Period* selama 10 tahun 20 hari, dengan ketentuan harga tiket pada *Peak Season* sebesar Rp 79,000,00 pada *Weekend* dan Rp 75,000,00 saat *Weekday*, sedangkan saat *Low Season* sebesar Rp 65,000,00 pada *Weekend* dan Rp 45,000 saat *Weekday*, *Net Present Value* yaitu sebesar Rp 2,681,530,000,00 dan IRR sebesar 25.25%.

8.2. Saran

Terdapat beberapa saran yang dapat direkomendasikan penulis untuk penelitian berikutnya, yakni:

17. Perlu adanya analisis uji kekuatan struktur dan konstruksi kapal berbahan dasar plastik HDPE.
18. Perlu dilakukan analisis lebih mendalam mengenai kelistrikan antar komponen dan peralatan sistem hibrida.
19. Perlu dilakukan analisis ekonomi yang lebih mendalam terkait kelayakan pembangunan kapal wisata hibrida berbahan dasar plastik HDPE.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahزابuddin, M., & Kaelani, Y. (2017). Studi Eksperimen Pengaruh Variasi Kecepatan Putar terhadap Temperatur dan Tensile Strength pada Friction Welding dengan Material High Density Polyethylene. *Jurnal Teknik ITS*, F272.
- Biro Klasifikasi Indonesia. (2013). *Rules for the Classification and Construction Part 3 Special Ship. BKI Vol II: Rules for Small Vessel up to 22 m*. Jakarta: BKI.
- Dinas Pariwisata dan Kebudayaan Jepara. (2019). *Statistik Kunjungan Wisatawan*. Retrieved from Dinas Pariwisata dan Kebudayaan: tic.jepara.go.id/dinas-pariwisata-dan-kebudayaan-kab-jepara
- DNV. (1997). *TENTATIVE RULES FOR CERTIFICATION AND CLASSIFICATION OF BOATS*. HOVIK: DETNORSKE VERITAS.
- Fakhira, N. A., Nasirudin, A., & Utama, D. (2020). *DESAIN GLASS BOTTOM CATAMARAN BOAT DENGAN HYBRID PROPULSION SYSTEM SEBAGAI SARANAWISATA DI KEPULAUAN KARIMUNJAWA, JAWA TENGAH*. Surabaya: ITS.
- Hidayat, A., & Aryawan, W. D. (2016). *KAPAL PENUMPANG HYBRID BERBAHAN DASAR HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) UNTUK RUTE SUMENEP-GILI LABAK, KABUPATEN SUMENEP-MADURA*. Surabaya: ITS.
- IMO. (n.d.). Intact Stability Code, Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments. In IMO. London.
- Iqbal, M., & Aryawan, W. D. (2019). Desain Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar High Density Polyethylene Sebagai Penunjang Potensi Laut Provinsi Kepulauan Riau. *Jurnal Teknik ITS*.
- Junior, R. A., Kurniawati, H. A., & Utama, D. (2020). *DESAIN KAPAL LAYU DENGAN HYBRID SISTEM UNTUK PARIWISATA DI KAWASAN BARELANG, BATAM*. Surabaya: ITS.
- Pangesti, F. E., & Wibawa, I. A. (2018). *ANALISA PERBANDINGAN BERAT KONSTRUKSI LAMBUNG KAPAL PATROLI 15,5 METER BERBAHAN DASAR HIGH DENSITY POLYETHYLENE (HDPE) DAN FIBERGLASS REINFORCE PLASTIC (FRP)*. Surabaya: PPNS.
- Schneider, J., & Sebastian, D. (2010). ZEMShip. 18th World Hydrogen Energy Conference 2010. Essen: Institute of Energy Research, WHEC.
- Tomas Tronstad, H. H. (n.d.). *Study On The Use Of Fuel Cell In Shipping*. 2017: DNV GL.
- TÜRK LOYDU *TENTATIVE RULES FOR POLYETHYLENE CRAFTS*. (2014). ISTANBUL: TÜRK LOYDU.

- Umardiono, A. (2011). Pengembangan Obyek Wisata Taman Nasional Laut Kepulauan Karimunjawa. *Unair*.
- Utama, D., Nasirudin, A., & Iqbal, M. (2020). Design of River Tour Boat's Hull For Taman Nasional Tanjung Puting, Central Borneo. *ITS*.
- V. Erussad, ". M. (2018). *www.energy-observer.org*. (Energy Observer) Retrieved Oktober 16, 2019, from <http://www.energy-observer.org>
- VAWT and HAWT Compared*. (2011). Retrieved 2019, from Retrieved from Alchemy Power: <http://alchemy-power.com>
- Venzias, C. A., Aritonang, S., & Manik, P. (2014). PERANCANGAN KAPAL WISATA KAPASITAS 30 PENUMPANG SEBAGAI PENUNJANG PARIWISATA DI KEPULAUAN SERIBU. *UNDIP*.
- Vertical Axis Wind Turbine Design*. (2018). Retrieved from Retrieved from Alternative Energy: www.alternative-energy-tutorials.com
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design (Vol. 1)*. Oxford: Elsevier.

LAMPIRAN

- Lampiran A Perhitungan Teknis Dan Ekonomis Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE
- Lampiran B Gambar *Lines Plan* Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE
- Lampiran C Gambar *General Arrangement* Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE
- Lampiran D Gambar *Midship Section* Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar HDPE
- Lampiran E Gambar *3D-Modelling* Kapal Wisata Hibrida Berbahan Dasar HDPE

LAMPIRAN A
PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS KAPAL WISATA
HIBRIDA BERBAHAN DASAR HDPE

A. Ukuran Utama

Lwl	=	15.6	m
Lpp	=	16	m
B	=	4.6	m
H	=	2	m
T	=	1	m
Vsea	=	8	knot
	=	4.1	m/s
D	=	38	ton

Perbandingan Ukuran Utama			
L/B	=	3.5	; 3.5 < L/B < 6.2
B/T	=	4.6	; 1.8 < B/T < 5
H/L	=	0.1	; 0.07 < H/L < 0.1
L/T	=	16	; 10 < L/T < 30
L/16	=	1.0	; H > L/16

Panjang Garis Air			
Lwl	=	104%*Lpp	
	=	15.6	

Froud Number			
Fn	=	$V/\sqrt{g \cdot Lpp}$	$g = 9.81 \text{ m/s}^2$
			$0.15 \leq Fn \leq 0.3$
	=	0.3	

<i>Coefficient Block</i>	=	0.53
Didapatkan dari <i>Maxsurf Modeler Advance</i>		

<i>Coefficient Midship</i>	=	0.69
Didapatkan dari <i>Maxsurf Modeler Advance</i>		

<i>Coefficient Prismatic</i>	=	0.76
Didapatkan dari <i>Maxsurf Modeler Advance</i>		

<i>Coefficient Water Plan</i>	=	0.87
Didapatkan dari <i>Maxsurf Modeler Advance</i>		

Longitudinal Center of Bouyancy			
a. LCB (%)			
LCB	=	37.90	% LCB
	=		
b. LCB dari M			
LCB	=	5.69	m dari M
c. LCB dari AP			
LCB	=	5.50	dari FP

Volume Displasemen			
V	=	37.12	m ³
Didapatkan dari <i>Maxsurf Modeler Advance</i>			

Displasemen			
D	=	38.05	ton
Didapatkan dari <i>Maxsurf Modeler Advance</i>			

B. Resistance Calculation

Viscous Resistance	
C_{FO}	
$Rn = \frac{LWL.Vs}{1.18831.10^{-6}}$	
$= 53561781.02$	(koefisien tahanan gesek)
$C_{FO} = \frac{0.075}{(\log Rn-2)^2}$	(PNA vol 2 hal 90)
$= 0.001256$	

1+k1	
$C = 1 + (0.11 \cdot C_{stern})$	
$= 1$	
$L_R/L = \frac{(1 - C_p) + (0.06 \cdot C_p \cdot LCB)}{(4 \cdot C_p) - 1}$	0.49793
$= 1.08$	2.048
	0.24313
$L_{WL}^3 / \nabla = \frac{Lwl^3}{Lpp.B.T.CB}$	3796.416
$= 90.22$	90.219
	42.08
$1+k_1 = 0.93 + 0.4871 \cdot C \cdot (B/L)^{1.0681} \cdot (T/L)^{0.4611} \cdot (L/LR)^{0.1216} (L/\nabla)^{0.3649} \cdot (1-CP)^{-0.6042}$	
$= 1.00$	

Appendages Resistance	
Wetted Surface Area	
$A_{BT} = 0$; Tanpa <i>bulbus bow</i> Principle of Naval Architecture Vol. II hal 91
$S = LWL \cdot (2 \cdot T + B) \cdot CM^{0.5} \cdot (0.453 + 0.4425 \cdot CB - 0.2862 \cdot CM - 0.003467 \cdot B/T + 0.3696 \cdot CWP) + 2.38 \cdot ABT/CB$	
$= 71.72$	
$S_{kemudi} = \text{Luasan Kemudi}$	$S = L(2T + B)C_M^{0.5}(0.4530 + 0.4425 C_B - 0.2862 C_M - 0.003467 B/T + 0.3696 C_{WP}) + 2.38 A_{BT}/C_B$
$= 1 \text{ m}^2$	
$S_{bilge} = \text{luasan bilge keels}$	
$= 0 \text{ m}^2$	(tanpa bilge keel)
$S_{app} = 1$	
$S_{total} = S + S_{app}$	
$= 71.72$	
$1 + k_2 = \frac{1.5 \cdot S_{rudder} + 1.4 \cdot S_{bilgekeel}}{S_{rudder} + S_{bilgekeel}}$	
$= 0$	
$1 + k = (1+k_1) + ((1+k_2) - (1+k_1)) \cdot S_{app}/S_{total}$	
$= 0.985316927$	

Wave making Resistance

$$C_1$$

$$B/LWL = 0.31$$

$$C_4 = B/L ; 0.11 \leq B/LWL \leq 0.25 \quad (\text{PNA vol II hal 92})$$

$$C_4 = 0.31$$

$$T_a = 1$$

$$T_f = 1$$

$$i_E = 125.67 \cdot B/LWL - 162.25 \cdot C_p^2 + 234.32 \cdot C_p^3 + 0.1551 \cdot [LCB_{AP} + (6.8 \cdot T_a - T_f/T)^3]$$

$$= 49.59049058 \quad 59$$

$$d = -0.9 \quad \text{Principle of Naval Architecture hal.92}$$

$$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{3.7881} \cdot (T/B)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$$

$$= 29.42753383$$

$$m_1$$

$$C_5 = 8.0798 \cdot C_p - 13.8673 \cdot C_p^2 + 6.9844 \cdot C_p^3 \quad \text{untuk } CP \leq 0.8$$

$$= 1.195095923$$

$$m_1 = 0.01404 \cdot Lwl/T - 1.7525 \cdot (V^{1/3}/L) - 4.7932 (B/L) - 8.07981 C_p + 13.8673 C_p - 6.984388 C_p$$

$$= -2.553227494$$

$$\lambda = 1.446 \cdot C_p - 0.03 \cdot L/B = 1.00585$$

$$m_2$$

$$C_6 = -1.69385 \quad \text{untuk } Lwl^3/V \leq 512 \quad 99.7744$$

$$m_2 = C_6 \cdot 0.4 \cdot e^{-0.034 \cdot Fn - 3.29} \quad Fn^{-3.29} = 40.086759639$$

$$= -0.17338573 \quad e^{-0.034 \cdot Fn - 3.29} = 0.255904787$$

$$C_2$$

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

$$r_B = 0.56 \cdot \sqrt{A_{BT}}$$

$$= 0$$

$$h_B = 0$$

$$i = T_f - h_B - 0.4464 \cdot r_B$$

$$= 1$$

$$C_2 = 1$$

$$A_T = 0$$

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

$$= 1$$

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

$$= 0.031647632$$

Hambatan angin

$$RAA = 0.734 V r^2 AT$$

Dimana:

Vr =	Kecepatan angin (Vr = Vs, berdasarkan PNA Vol. II)	8	knot	4.115	m/s
AT =	Luas transversal kapal diatas sarat (ACAD)	13.9686 m ²			

Nilai AT didapatkan dengan menghitung luasan transversal kapal yang berada diatas permukaan air/sarat

$$RAA = 0.174$$

Bouyancy	
W =	D . G
=	373.2705 N

Total Resistance	
R_{total} =	$0.5 \cdot 1025 \cdot V_s^2 \cdot S_{total} \cdot [(C_{fo} \cdot (1+k)+C_A)] + (RW/W \cdot W)$
=	4700.161482 N
=	4.700335097 kN
Margin 15% R_{total}	
=	5.405385362 kN

C. PROPULSION & POWER CALCULATION

Effective Horse Power (EHP)	
EHP =	$R_T \cdot V_s$
=	37.603 kW

Propulsive Coefficient Calculation	
η_H =	Hull Efficiency
=	$\frac{(1 - t)}{(1 - w)}$
=	1.007448
η_O =	Open Water Test Propeller Efficiency (diasumsikan)
=	0.6 (asumsi berdasarkan hasil percobaan open water test propeller pada umumnya)
η_r =	Rotative Efficiency Ship Resistance and Propultion modul 7 hal 2
=	0.985
η_D =	Quasi-Propulsive Coefficient
=	$\eta_H \cdot \eta_O \cdot \eta_r$
=	0.595402

Delivery Horse Power Calculation (DHP)	
DHP =	Delivery Horse Power
=	EHP/η_D
=	63.155 kW

Brake Horse Power Calculation (BHP)	
BHP =	$DHP + (X\%DHP)$
X% =	Koreksi daerah pelayaran wilayah Asia Timur antara 15%-20% DHP)
X% =	15% (Parametric Design Chapter 11, hal 11-29)
BHP =	72.628 kW
=	97.39467 HP

Main Engine Requirements	
Peak kW =	73.5 kW
Max HP =	125 hp

D. Hybrid System Calculation

Total kebutuhan gas hidrogen				
ZEMShip	=	50	Kw PEM FC	(18th World Hydrogen Energy Conference 2010 - WHEC 2010)
		16.7	kg/day	
Kapal	=	80	Kw PEM FC	
		27	kg/day	
		40	kg/day	(margin 50% kebutuhan tambahan)

Tanki hidrogen					
Jumlah Tanki	=	5.333333333	buah	7.5 kg/tangki	350 bar
		6	buah	massa jenis =	0.31 m ³
				total gas H2 =	24 kg/m ³
				W =	45 kg
					1.08 ton

Pemilihan Kompresor				
Volume H2 dikompres	=	13.56 m ³	$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$	350 bar
Output rate	=	13 m ³ /h		5.5 kW
Durasi pengoperasian	=	1.04 h	W =	0.167 ton
tenaga total	=	5.74 kWh		

H2O Tank (Purified Water)				
			Overall reaction: H2O(l) → H2(g) + 1/2 O2(g)	
Total gas H2	=	45 kg		40 bar
Menggunakan hk. Kekekalan massa (A. Lavoisier)				1 bar (STP)
H2O dibutuhkan	=	60 kg	x 40 bar	
H2O dibutuhkan	=	2.4 m ³		
Kapasitas tangki H2O	=	3 m ³		

Desalinator				
H2O dibutuhkan	=	2.4 m ³		5 kW
Output rate	=	1.575 m ³ /h	W =	0.725 ton
durasi pengoperasian	=	1.52 h		
tenaga total	=	7.61905 kWh		

Sea water tank				
Kapasitas tangki H2O	=	3 m ³		
Kapasitas tangki seawater	=	5 m ³		
Durasi Produksi Hidrogen	=	4.83 h		

Battery				
Kebutuhan	=	81.16 kWh	w =	1.48 ton
Kapasitas 1 baterai	=	20 kWh		
jumlah	=	4.06 buah		
	=	5 buah		
total kapasitas baterai	=	100 kWh		
Charging (VAWT & PV panel)				
VAWT Output Power	=	0.6 kW		
PV Panel Output Power	=	0.5 kW		
Jumlah minimal VAWT & PV Panel				
penggunaan VAWT	=	24 jam/hari		
penggunaan PV Panel	=	6 jam/hari	(09.00-15.00)	
pengisian VAWT (80 % Baterai)	=	80 kWh		
pengisian VAWT (20 % Baterai)	=	20 kWh		
Jumlah minimal	=	4 buah VAWT		
	=	3 buah PV Panel		
Jumlah pada kapal	=	18 buah VAWT		
	=	8 buah PV Panel		
Output Power	=	14.8 kWh		
Durasi pengisian	=	6.8 h		

E. CALCULATION OF WEIGHT & CENTRE OF GRAVITY

TITIK BERAT KAPAL						
No	Nama Item	Berat ton	Longitudinal dari AP meter	Momen Longitudinal ton.meter	Vertical dari AP meter	Momen Vertikal ton.meter
1	Desalinator/Purifier	0.725	7.7	5.5825	0.725	0.525625
2	Electrolyser	4	10.2	40.8	4.8	19.2
3	Compressor	0.17	12.2	2.074	0.1309	0.022253
4	H2 Storage Tanks	1.44	5.07	7.3008	1.872	2.69568
5	Fuel Cell	0.90	4.5	4.05	0.63	0.567
6	Batteries	1.50	5.9	8.85	0.9	1.35
7	Inverter	0.7	3.27	2.289	0.8	0.56
8	Solar Panel	0.29	6.65	1.9285	4	1.16
9	VAWT	0.40	6	2.4	4.2	1.68
10	H2O Tank	5	6.7	33.5	1.25	6.25
11	Electric Motor	0.34	1.52	0.5168	0.2	0.068
12	Life Jacket	0.04	2	3	2.8	0.120176
13	Life Buoy	0.022	2	2	2.8	0.06048
14	Life Raft	0.41	2	2	1.5	0.615
15	Jangkar	0.1	15	1.5	1	0.1
16	Kursi Penumpang	0.55	5.3	2.92189	2	1.1026
17	Penumpang	3.85	5.3	20.405	2	7.7
18	Crew	0.21	10	2.1	2	0.42
19	Fresh Water	5	7.7	38.5		0.2
20	H2	0.014	5	0.0678		1.8
21	Sea Water	5	4	20		0.2
Total		30.66438		201.78629		44.19681
			LCG=	6.580478392 m		
			LCB=	5.500 m		
			Selisih=	1.080 m		
			Panjang LWL=	15.60 m		
			Persentase=	6.92614354 %		
			VCG=	1.441307928 m		

F. Katalog Sistem Hibrida

1. Hidrogen Tank



HEXAGON COMPOSITES HYDROGEN TYPE 4 CYLINDER INFORMATION

Type 4 cylinders designed and manufactured by Hexagon Composites' wholly owned subsidiaries Hexagon Lincoln, Hexagon Raufoss and Xperion Energy & Environment*

REF	NOMINAL WORKING PRESSURE (PSI + G)	OUTSIDE DIMETERS		OVERALL LENGTH	WEIGHT	WATER VOLUME	HYDROGEN CAPACITY
	MPa	MM	MM	MM	KG	L	KG
A	20		315	1 060	16	46	0.7
B	25		541	2 703	164	450	8.0
C	25		505	2 342	94	350	6.0
D	30		509	2 342	112	350	7.2
E	35		420	3 190	101	312	7.5
F	35		509	2 342	112	350	8.4
G	50		565	3 277	200	530	16.5
H	50		531	2 424	229	347	10.7
I	70		319	906	34	36	1.4
J	70		238	1 400	29	39	1.6
K	70		420	846	43	64	2.6
L	70		440	1 060	59	76	3.1
M	95		535	2 763	365	254	12.4

2. Compressor



J.A. Becker & Söhne
Lifetime business partner



TECHNICAL DATA

AIR-COMPRESSORS HIGH PRESSURE

Type	free gas delivery			working pressure		stages	cylinders	electric motor	revolutions	weight	length	width	height
	l/min	m³/h	cfm	bar	PSI								
SV 200/64	210	12	7,1	64	928	2	2	4	1500	120	650	565	610
SV 1101/64	1100	66	38,8	64	928	3	3	18,5	1500	410	1300	900	950
SV 3000/70	3000	180	105,9	70	1015	3	4	45	1500	690	1570	1120	1085
SV 1101/80	1100	66	38,8	80	1160	3	3	18,5	1500	410	1300	900	950
SV 2000/80	1965	118	69,4	80	1160	3	4	30	1500	590	1460	1080	1085
SV 1101/120	1100	66	38,8	120	1740	3	3	22	1500	590	1360	900	950
SV 270/150	270	16,2	9,5	150	2175	3	3	5,5	1500	167	770	640	610
SV 225/250	225	14	7,9	250	3625	3	3	5,5	1500	167	770	640	610
SV 225/350	218	13	7,7	350	5075	3	3	5,5	1500	167	770	640	610
SVB 300/250	300	18	10,6	250	3625	4	4	7,5	1500	285	1165	735	825
SVC 300/350	290	17	10,2	350	5075	4	4	9	1500	285	1165	735	825
SVB 450/250	455	27	16,1	250	3625	4	4	9	1500	295	1165	735	825
SVC 450/350	445	27	15,7	350	5075	4	4	11	1500	295	1165	735	825
SVD 600/250	585	35	20,6	250	3625	4	4	15	1500	440	1205	890	925
SVD 600/350	575	35	20,3	350	5075	4	4	15	1500	440	1205	890	925
SVD 700/250	705	42	24,9	250	3625	4	4	18,5	1500	470	1205	890	925
SVD 700/350	700	42	24,7	350	5075	4	4	18,5	1500	470	1205	890	925
SVB 1100/150	1130	68	39,9	150	2175	4	4	22	1500	530	1380	1050	1085
SVB 1100/250	1100	66	38,8	250	3625	4	4	30	1500	600	1460	1050	1085
SVB 1100/350	1080	65	38,1	350	5075	4	4	30	1500	600	1460	1050	1085
SVB 1300/250	1400	84	49,4	250	3625	4	4	37	1500	690	1570	1050	1085
SVB 1300/350	1390	84	49,1	350	5075	4	4	37	1500	690	1570	1050	1085

3. Electrolyser



Product Details		Company Profile		Report Suspicious Activity	
Condition:	New	Place of Origin:	Zhejiang, China (Mainland)	Brand Name:	COCH
Model Number:	CHO/CHG	Usage:	Hydrogen	Production Rate:	100%
Voltage:	380v/50-60hz	Power(W):	30KW	Weight:	4000kg
Dimension(L*W*H):	3500*1400*2200	Certification:	CE/ISO9001	Color:	Grey
hydrogen Purity:	≥99.999	Application:	Heating\Carbide\Metal De...	Technology:	Water Electrolysis alkalinit...
output pressure:	0.6-4.0MPA	After-sales Service ...	Engineers available to servi...	Warranty:	12 Months

4. Desalinator



SPECTRA CABO 10,000 WATERMAKER

PRODUCT SPECIFICATIONS

Production / Day	10,000 gal (37854 l)
Production / Hour	420 gal (1575 l)
Power Requirement	220v~240v AC 20A to 24A 5 Kilowatts
Weight	1598 lbs (725 kg)
Pre Filters	-----
Controls	MPC 5000 Remote controller
Installation Requirements	Dedicated thruhull, dry and well ventilated area not to exceed 110F/37C
Membranes	(3) 8" x 40" High Rejection Spiral Wound Polyamide
Motor	Commercial variable AC motor with SP-20 series Spectra Pearson Pump
Salt Rejection	99.2%
Temperature Range	Max 110F/37C Min 36F/2C
Baseline Conditions	33,000 PPM feed water at 77F/25C
pH Range	3-11 (typical seawater pH is 8)
Chlorine Tolerance	0 PPM
Warranty	Spectra standard warranty
Shipping Weight	1660 lbs (753 kg)
Shipping Dimensions	76"x43"x37" 193cm x 109cm x 94cm



5. Fuel Cell



Fig. 12: PEM Fuel Cell modules assembled in a test rack

Technical data	FCM 34	FCM 120	FCM NG 80	FCM NG 135
Rated power	34 kW	120 kW	80 kW	135 kW*
Voltage range	50–55 V	208–243 V	65–80 V	110–130 V
Efficiency at rated load, approx.	59%	54%	54%	54%
Efficiency at 20% load, approx.	69%	68%	68%	68%
Operating temperature	75 °C	75 °C	75 °C	75 °C
H ₂ pressure	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.	2.3 bar abs.
O ₂ pressure	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.	2.6 bar abs.
Dimensions	H = 48 cm	H = 50 cm	Similar to FCM 120	
	W = 48 cm	W = 53 cm		
	L = 145 cm	L = 176 cm		
Weight (without module electronics)	650 kg	900 kg	Similar to FCM 120	

* The nominal load will be defined at the end of the development in range of 130–140 kW

6. Battery

100V series 96V nominal

For all aquawatt 96 / 100V inboard engines and all other 96 V applications.

100 V 200 Ah.

Size A Length 1500 mm, Beam 515 mm, Height 320 mm, Weight 295 Kg,

Also available 160 to 600 Ah in other measurements.

Price for Size A ex works, export Euro 13.800.- Euro 16.560.- VAT included.



Energy 20 kWh

7. VAWT



Technical

item	FS-V-600	FS-V-500
Started wind speed (m/s)	<2.5 m/s	2-2.5 m/s
Cut-in wind speed (m/s)	3.5 m/s	3.5 m/s
Rated Wind speed (m/s)	10 m/s	13 m/s
Rated voltage (DC)	48V	48V
Rated power (W)	600W	500W
Max power (W)	650W	550W
Rotor Diameter of Blades (m)	0.52	
Blades Height (m)	1.3(no generator)	
	1.6 (include generator and Flange)	
Safe wind speed (m/s)	Max wind speed: ≤40m/s, The instantaneous maximum wind speed≤45m/s	
Blades quantity	2	
Blade material	glass/basalt	

8. PV Panel



Electrical parameters

Model	SW450M-96	SW480M-96	SW500M-96
Rated max power at STC(W)	450	480	500
Max power voltage(Vmp/V)	47.88	48.35	48.63
Max power current(Imp/A)	9.40	9.93	10.28
Open circuit voltage(Voc/V)	58.57	58.89	58.95
Short circuit current(Isc/A)	9.73	10.04	10.87
Module efficiency(%)	17.56	18.73%	19.51%
Power Tolerance	0~+3%		
Standard Test Condition(STC)	Irradiance 1000W/m ² , Cell Temperature 25°C, Air Mass 1.5		

9. Inverter



AC Output	Rated output power	150KW
	Output waveform	Pure Sine Wave
	Rated Voltage	220VAC±3%
	Phases	1 phase 3wire
	Rated current(A)	681A (phase current)
	Frequency	50Hz or 60Hz
	Rated output voltage range (V)	380/400/415/440VAC optional
	Power Factor(PF)	0.9
	Overload Ability	150%, 5 seconds
	Efficiency	>93%
	Waveform distortion rate (THD)	<3% linear=" load=" span=">
	Dynamic Response (0 to 100% load)	5%±50ms
	Display	LCD
	Running mode	Working continuously
Electrical insulation properties	2000Vac, 1 Minute	

Model		BZP-150KW
Isolation mode		Low Frequency Transformer
DC Input	Rated voltage (Vdc)	480V
	Rated current(A)	312.5A

10. Electric Motor



ELCO MOTOR YACHT: EP-100 ELECTRIC MARINE PROPULSION SYSTEM

EP-70 MOTOR/ SIZING SPECIFICATIONS

**Note: When in doubt, choose
the next size motor up.**

Boat size ranges 50' to 85'

Horsepower diesel equivalency 100 h.p.

Suggested horsepower replacement range 75 - 125 h.p.

Miles per gallon equivalency 12 mpg

Peak kW 73.5 kW

Continuous kW 42.5 kW

Length 35 inches

Width 18.82 inches

Height 19.25 inches

Weight 740 lbs

G. Perhitungan Berat Lambung Kapal

Perhitungan tebal plat			
Loa	=	16	
Lwl	=	15.6	
Lpp	=	16	
H	=	2	
B	=	5	
T	=	1	
Vs	=	8	
K	=	1 (LDPE) (Turk loydu C 4.2 (hal 8))	
		0.85 (MDPE)	
		0.72 (HDPE)	
s	=	0.6 stiffener spacing (meter)	
PF	=	Pfb/Pfs (greater one)	
ρHDPE	=	0.965 ton/m ³	
Thickness of outer hull bottom & Side		(DNV - Boat Structural Design Chapter IV Sec. V)	
T _γ	=	$k_{sv}(PF/(L/6,7)) (14+3,6 L)$	
PF	=	Pfb/Pfs dari grafik	Pfb = 70 kN/m ²
			Pfs = 72 kN/m ²
T _γ	=	20.12194175 mm	
		21 mm	
tebal plat	=	0.021 m	
HULL			
Luas	=	136.334 m ²	(maxsurf modeler) bottom = 43.275 m ²
berat	=	2.76 ton	chine = 2.723 m ²
			side = 18.135 m ²
			transome = 4.034 m ²
Deck			
Luas	=	53.162 m ²	286.213 m ²
berat	=	1.08 ton	3.3428 m ³
			85.62074
Superstructure			
Luas	=	96.717 m ²	
berat	=	1.96 ton	
Berat Total			
	=	5.80 ton	
Koreksi Konstruksi			
V _{DH}	=	1.5 x Berat Hull	
	=	8.700159668	
Berat Lambung			
	=	8.70 ton	

H. Center Gravity of Hull

Center Gravity of Hull			
Input data			
Lpp	=	16 m	
B	=	5	
H	=	2	
LCB _{Midship} (%)	=	5.69	
Cb	=	0.53	
Perhitungan			
KG			
KG/VCG	=	$0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C_B)(L/D)^2) + 0.008D(L/B - 6.5), L \leq 120 \text{ m}$	(Parametric Design MG Parsons hal 11-25)
	=	1.20 m	
LCG dari Midship			
dalam % L	=	-0.15 + LCB	(Parametric Design chapter 11 page 25)
	=	5.54 %	
dalam m	=	LCG(%) * L	
	=	0.89 m	14.319
LCG dari FP			
LCG _{FP}	=	5.5730 m	

I. Consumable

Jumlah crew			
Jumlah	=		3 orang
berat per orang	=		70 kg
berat total crew	=		210 kg
	=		0.21 ton
Fresh water/Purified water			
Vfw	=		5 m ³
Wfw	=		5 ton
Gas Hydrogen			
Wh	=		0.045 ton
W total	=		5.255 ton
Penumpang			
Jumlah	=		55 orang
berat per orang	=		70 kg
berat total penumpang	=		3850 kg
	=		3.85 ton
total consumable	=		9.105 ton

J. Equipment and Outfitting Calculation

1. Peralatan Keselamatan (<i>Life Jacket, Life Buoy</i>)		SOLAS Chapter III Part B and LSA Code Chapter	
· Life Jacket			
Jumlah penumpang dan kru kapal	=	58	orang
Life jacket yang dibutuhkan	=	58	buah
Berat 1 unit <i>life jacket</i>	=	0.740	kg
Berat total	=	42.920	kg
	=	0.043	ton
VCG	=		m
LCG	=		m
· Life Buoy			
Life buoy yang dibutuhkan	=	8	buah ; for ship with L < 60 m
Berat 1 unit <i>life buoy</i>	=	2.7	kg
Berat total	=	22	kg
	=	0.022	ton
VCG	=		m
LCG	=		m
· Life Raft			
Tipe	=	ATO B - 35	
Life raft yang dibutuhkan	=	2	buah 67.5
Berat 1 unit <i>life Raft</i>	=	205.0	kg
Berat total	=	410	kg
	=	0.410	ton
VCG	=		m
LCG	=		m

Jangkar					
Pemilihan jangkar mengacu pada Z Number					
Z	=	$\Delta^{(2/3)} + 2hB + 0.1A$			
Dimana					
Z	=	Z number			
Δ	=	Moulded Displacement	=	38.05	
h	=	Freeboard	=	1	
B	=	Lebar	=	5.00	
A	=	Luasan diatas sarat	=	50	
Z	=	497.601	50	kg =	0.1 ton

Kursi (main deck)		
Jumlah kursi (crew dan penumpang)	=	55
kursi kapten	=	1.3 kg
Massa jenis	=	600 kg/m ³
Panjang	=	1.5 m
Tebal	=	0.03 m
Lebar	=	0.5 m
Volume	=	0.021 m ³
Berat total	=	551.3 kg
	=	0.5513 ton

Total Berat Outfitting		
$W_{outfitting}$	=	1.126 ton

Marine SOLAS Life Jacket			
DY-A4	Adult life jacket		*comform to SOLAS 74/96, MSC.201(81) MSC.81(70) MSC.200(80) * certification: CCS/EC *Material: Cover:PU & Polyester compound *inside: EPE foam *Size:length 550mm width:270mm *Weight:0.74kg *Buoyancy: >147N



Bouée couronne / Lifebuoy

Description Bouée couronne standard approuvée SOLAS

Description Standard lifebuoy, SOLAS approved



Matière Coque polyéthylène traité anti-UV, mousse polyuréthane

Material Stabilised polyethylene body, polyurethane foam

Normes Conforme à la convention SOLAS 74

Standards Complies with SOLAS 74 convention



RÉF. / CODE	Flottabilité Floatability (kg)	Ø extérieur Outer Ø (mm)	Ø intérieur Inner Ø (mm)	Épaisseur Width (mm)	Poids Weight (kg)
201 775	14.5	740	430	80	2.7



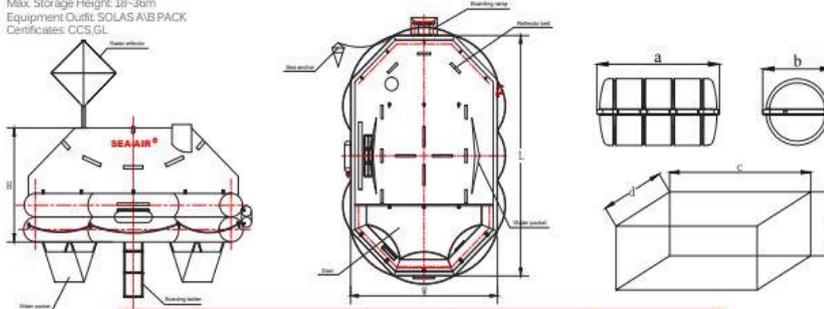
Solas 30 & 35



ATOB - 30 & 35

Solas 30 & 35 Man Throw Overboard Life Raft

- Suitable for installing in all vessels sailing on international voyages
- Meets the China MSA - Regulations for the Statutory Surveys of Ships and offshore Installations - Technical Regulations for the Statutory Surveys of Sea-going Ships Engaged in Domestic Voyages 2004, and its 2008 Amendments, Part 4, Ch. 3 and SOLAS (74/96), LSA, MSC. 81(70), MSC. 226 (82), MSC. 218(82), MSC. 293 (87), ISO 15738 (2002)
- Max. Storage Height: 18-36m
- Equipment Outfit: SOLAS A/B PACK
- Certificates: CCS, GL



SOLAS 30 & 35 MAN THROW OVERBOARD LIFE RAFT			
Type	ATOB - 30	ATOB - 35	
Shape	Regular Octagon		
Capacity (Persons)	30	35	
Dimensions (L x W x H) mm	5384 x 3414 x 1700	5899 x 3568 x 1750	
Cylinder (L)	9L x 2	12L x 2	
Container Dimensions (mm)	Solas A Pack (a x b)	1700 x 0795	
	Solas B Pack (a x b)	1470 x 0735	
Packing Dimensions (mm)	Solas A Pack (c x d x e)	1780 x 855 x 880	
	Solas B Pack (c x d x e)	1540 x 805 x 790	
Required Bollard Pull (Kn)	For 2knot speed	1.10	1.30
	For 3knot speed	2.10	2.40
Weight (kg)	≤ 205	≤ 230	

Catatan: Mohon berhati-hati dan tanyakan pada pemasok apakah produk ini ditujukan untuk perlindungan dari virus, dan apakah coronavirus (COVID-19) akan mempengaruhi pesanan Anda. ✕



Top Produsen Cina Kapal Kursi Penumpang dengan Harga Pabrik

US\$188,00 / Set | 20 set (Min. Order)

Nomor model: Type LB US\$188,00 - 20 +

Pembayaran:

Lihat gambar lebih besar



K. TONNAGE CALCULATION

Tonnage Calculation	
International Convention on Tonnage Measurement of Ships 1969	
Input Data :	
H	= 2
T	= 1
V _{acc}	= 15 m ³
V _{Nav}	= 145 m ³
V	= 37.12
Δ	= 38.05
Gross Tonnage	
V _h	= Volume di bawah geladak cuaca
	= 37.12 m ³
V _u	= Volume ruang tertutup diatas geladak cuaca
	= V _{acc} + V _{nav}
	= 160 m ³
V	= V _h + V _u
	= 197.12 m ³
K ₁	= 0.2+0.02*Log ₁₀ (V)
	= 0.2
GT	= V * K ₁
	= 39.424
Net Tonnage	
V _c	= 160 m ³
K ₂	= 0.2+0.02*Log ₁₀ (V)
	= 0.2
K ₃	= 1.25*((GT+10000)/10000)
	= 0.129928
a	= K ₂ *V _c *((4/3)*(T/H))^2
	= 14.22222
NT	= 56.88889
0.25 GT	= 9.856
a > 0.25 GT	= accepted
0.30 GT	= 11.8272
NT > 0.30 GT	= accepted
maka NT	= 56.88889

L. Trim Calculation

Trim Calculation				
L	=	16 m	Disp	= 38.05
B	=	5 m	KG	= 1.20
T	=	1 m	LCG dr FP	= 5.5730
Cm	=	0.69	LCB dr FP	= 5.5000
Cb	=	0.53		
Cwp	=	0.87		
Hydrostatic Properties				
KB				
KB/T	=	0.90 - 0.30Cm - 0.1Cb		
	=	0.6896 m		
BM _T				
C _{IT}	=	0.1216 Cwp - 0.0410		
	=	0.064184		
I _T	=	C _{IT} · L · B ³		
	=	128.368		
BM _T	=	jarak antara titik tekan buoyancy terhadap titik metacenter secara melintang		
BM _T	=	I _T / Vol		
	=	3.46 m		
BM _L				
C _{IL}	=	longitudinal inertia coefficient		
C _{IL}	=	0.350 Cwp ² - 0.405 Cwp + 0.146		
	=	0.057554		
I _L	=	moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis		
I _L	=	C _{IL} · B · L ³		
	=	1178.701		
BM _L	=	jarak antara titik tekan buoyancy terhadap titik metacenter secara memanjang		
BM _L	=	I _L / Vol		
	=	31.75379		
GM _L	=	BM _L + KB · KG		
	=	33.65 m		
Trim	=	T _A - T _F		
Trim	=	(LCG - LCB) · L / GM _L		
	=	0.03 m		
Kondisi trim	=	Trim Buritan	(karena jika nilai trim < 0 maka trim haluan; trim > 0 maka trim buritan; trim = 0 maka even keel)	
Batasan Trim				
LCG - LCB	=	0.073	selisih LCG&LCB < 0.5%LPP maka kondisi OK	
0.5% · Lpp	=	0.080		
	=	OK		
Kondisi Total = Kapal dalam kondisi trim buritan				

M. Freeboard Calculation

Freeboard	
Input Data Non Conventional Vessel Standard Indonesian Flagged Chapter VI, Appendix 4	
L	= 16 m
B	= 5 m
H	= 2 m
T	= 1 m
dl	= 85 % Moulded Depth
	=
Cb	= 0.53
Tipe Kapal	= Tipe B
Initial Freeboard (fb) for Type B Vessels	
Fb	= 0.8L cm L<50m
	= 12.8 cm
Koreksi Cb	
Apabila Cb > 0.68, maka harus dikalikan dengan faktor : (0.68 + Cb) / 1.36	
Cb	= 0.53 (tidak ada koreksi)
Koreksi Depth/Height of Vessel	
Apabila D>L/15, maka freeboard harus ditambahkan: 20*(D-(L/15))	
Apabila D<L/15, maka freeboard tidak perlu dikoreksi	
L/15	= 1.0666667
D	= 2
koreksi	= 18.666667 cm
Fb2	= 31 cm
Koreksi Superstructure and trunk	
Apabila Kapal memiliki bangunan atas dan trunk, maka freeboard: (50*Σ(Ls*Hs)/L)cm harus dikurangi dengan :	
Ls = Panjang superstructure	11 m
Hs = Tinggi Superstructure	2 m
koreksi	= 4.5 cm
Total Lambung Timbul	
Fb'	= Fb2 - Pengurangan
	= 27 cm
Actual Freeboard	
Fba	= H - T
	= 1 m
Accepted (karena Fba > Fb perhitungan maka Accepted)	

N. Building Cost

Kategori	Jenis	Jumlah	Satuan	Harga/satuan (\$)	Harga/satuan Rupiah	Harga Total
lambung kapal	Pelat HDPE (Lambung + Superstructure)	86	lembar	\$ 1,155.00	Rp 16,659,720.00	Rp 1,432,735,920.000
Sistem Hibrida	Desalinator	1	buah	\$ 13,000.00	Rp 187,512,000.00	Rp 187,512,000.000
	Electrolyser	1	buah	\$ 50,000.00	Rp 57,750,000.00	Rp 57,750,000.000
	Compressor	1	buah	\$ 7,146.50	Rp 92,904,500.00	Rp 92,904,500.000
	Tanki H2	5	buah	\$ 69.00	Rp 3,450,000.00	Rp 17,250,000.000
	Fuel Cell	1	buah	\$ 50,000.00	Rp 357,325,000.00	Rp 357,325,000.000
	Baterai	5	buah	\$ 13,297.95	Rp 917,558.55	Rp 4,587,792.750
	Solar Panel	8	buah		Rp 5,000,000.00	Rp 40,000,000.000
Permesinan	VAWT	18	buah	\$ 768.20	Rp 11,080,516.80	Rp 199,449,302.400
	Main Engine	1	buah	\$ 20,885.00	Rp 301,245,240.00	Rp 301,245,240.000
Peralatan Navigasi	radar	1	buah	\$ 5,000.00	Rp 72,120,000.00	Rp 72,120,000.000
	kompas	1	buah	\$ 55.00	Rp 793,320.00	Rp 793,320.000
	gps	1	buah	\$ 4,000.00	Rp 57,696,000.00	Rp 57,696,000.000
	lampu navigasi					
	-MasterHead Light	1	buah	\$ 10.00	Rp 144,240.00	Rp 144,240.000
	- Anchor Light	1	buah	\$ 9.00	Rp 129,816.00	Rp 129,816.000
	- starboard light	1	buah	\$ 12.00	Rp 13,860.00	Rp 13,860.000
	- portside light	1	buah	\$ 12.00	Rp 156,000.00	Rp 156,000.000
	Simplified Voyage Data Recorder (SVDR)	1	buah	\$ 12.50	Rp 625,000.00	Rp 625,000.000
	Automatic Identification System (AIS)	1	buah	\$ 1.40	Rp 10,005.10	Rp 10,005.100
Equipment & outfitting	life jacket	58	buah		Rp 652,800.00	Rp 37,862,400.000
	lifebuoy	8	buah		Rp 237,500.00	Rp 1,900,000.000
	life raft	2	buah		Rp 13,000,000.00	Rp 26,000,000.000
	jangkar	3	buah		Rp 14,047,000.00	Rp 42,141,000.000
	perlengkapan pemadam	1	buah		Rp 69,353,000.00	Rp 69,353,000.000
	Kursi Penumpang	57	buah	\$ 188.00	Rp 2,711,712.00	Rp 63,725,232.000
	Kursi Kapten	1	buah	\$ 263.99	Rp 3,807,791.76	Rp 3,807,791.760
	Biaya Pembangunan					Rp 3,067,237,420.01
Biaya Tenaga Kerja (20% biaya pembangunan)					Rp 613,447,484.00	
Margin Keuntungan Galangan (15%)					Rp 460,085,613.00	
Biaya Dukungan Pemerintah inflasi (5%)					Rp 766,809,355.00	
Total Akhir Biaya Pembangunan					Rp 5,060,941,743.02	

O. Biaya Operasional

1	Gaji Crew		
	Jumlah Crew	3	orang
	Gaji Crew Per bulan	Rp 5,000,000.00	per orang
	Gaji Crew Per tahun	Rp 60,000,000.00	per orang
	Total Gaji Crew per tahun	Rp 180,000,000.00	per tahun
2	Biaya Perawatan (Dayusari, 2017)		
	Diasumsikan 5% total dari <i>Building Cost</i>	Rp 253,047,087.15	per tahun
3	Biaya Asuransi (Watson,1998)		
	Diasumsikan 1% total dari <i>Building Cost</i>	Rp 50,609,417.43	per tahun
4	Pinjaman Bank Mandiri (Dayusari, 2017)		
	Building Cost	Rp 5,060,941,743.02	
	Pinjaman dari Bank	65%	
	Nilai Pinjaman	Rp 3,289,612,132.96	
	Bunga Bank (Bank Mandiri, 2019)	9.60%	per tahun
	Nilai Bunga Bank	Rp 315,802,764.76	per tahun
	Lama Pinjaman	10	tahun
	Pembayaran Cicilan Pinjaman	1 x	per tahun
	Nilai Cicilan Pinjaman	Rp 644,763,978.06	per tahun
	Total Biaya Operasional	Rp 1,128,420,482.64	IDR

P. Payback Period

Season	Jumlah Hari	Weekday	Weekend
Low Season	120	109	43
Peak Season	245	153	60
Total Hari	365	262	103

Klasifikasi Harga	Low Season	Peak Season
Weekday	Rp 45,000.00	Rp 75,000.00
Weekend	Rp 65,000.00	Rp 95,000.00

Season	Jumlah Hari	Weekday	Weekend
Low Season	153	110	43
Peak Season	212	153	60
Total Hari	365	263	103

PENDAPATAN DAN DEPRESIASI PER TAHUN		
1. Tarif Layanan Bongkar Muat		
<u>Low Season</u>		
Bongkar Muat	Rp	356,400,000.00
Total penjualan	Rp	356,400,000.00
<u>Peak Season</u>		
Bongkar Muat	Rp	2,560,250,000.00
Total penjualan	Rp	2,560,250,000.00
	Rp	2,916,650,000.00
3. Depresiasi		
1. Biaya Pembangunan	Rp	5,060,941,743.02
3. Umur Ekonomis		25 tahun
Depresiasi	Rp	202,437,669.72

PERHITUNGAN FREE CASHFLOW PER TAHUN

Free cashflow = EBIT*(1-t) - Depreciation - CAPEX - Inc. Net WC

t = Pajak Penghasilan	30%
CAPEX = Capital Expenditure	0
Increment Net Working Cap.	0

1) LABA/(RUGI) SEBELUM BUNGA & PAJAK

PENDAPATAN		
Bongkar Muat	Rp	2,916,650,000.00
BIAYA OPERASIONAL		
Biaya Bahan Bakar Diesel	Rp	-
Biaya Angsuran	Rp	644,763,978.06
Biaya Kru	Rp	180,000,000.00
Biaya Maintenance & Repair	Rp	253,047,087.15
Asuransi	Rp	50,609,417.43
Biaya Administrasi dan Umum	Rp	2,000,000.00
BIAYA LAIN		
Depresiasi	Rp	202,437,669.72
Earnings Before Int. and Tax	Rp	1,583,791,847.64
TAX	Rp	475,137,554.29
Free Cashflow		Rp1,108,654,293.35

LABA/(RUGI) TAHUN 2020

Pendapatan	Rp	2,916,650,000.00
Biaya Operasional	Rp	1,130,420,482.64
Pendapatan/(Biaya) Lain:		
2) Depresiasi	Rp	202,437,669.72
EBIT	Rp	1,583,791,847.64

Free Cashflow
Rp1,311,091,963.07

PERHITUNGAN NPV DAN IRR

$$\text{Present Value} = \text{Future Value} \times \text{Discount Factor}$$

Nilai Investasi Rp5,376,744,507.78
Umur Ekonomis 20

Tingkat Diskonto (i) 15.35%
Faktor Diskonto $1 / (1+i)^n$

Net Cashflow Rp1,108,654,293.35

(dalam jutaan)

Tahun ke- (n)	Net Cashflow (Rp)	Faktor Diskonto	Net Present Value (Rp)
0	(5,376.74)	1.000	(5,376.74)
1	1,108.65	0.867	961.12
2	1,108.65	0.752	833.21
3	1,108.65	0.652	722.33
4	1,108.65	0.565	626.20
5	1,108.65	0.490	542.87
6	1,108.65	0.425	470.63
7	1,108.65	0.368	408.00
8	1,108.65	0.319	353.70
9	1,108.65	0.277	306.63
10	1,108.65	0.240	265.83
11	1,108.65	0.208	230.45
12	1,108.65	0.180	199.78
13	1,108.65	0.156	173.20
14	1,108.65	0.135	150.15
15	1,108.65	0.117	130.17
16	1,108.65	0.102	112.84
17	1,108.65	0.088	97.83
18	1,108.65	0.076	84.81
19	1,108.65	0.066	73.52
20	1,108.65	0.057	63.74

Pemilaian Investasi: NPV 1,430.25
Metode NPV IRR 20.09%
Layak
Metode IRR
Layak

PERHITUNGAN PAYBACK PERIODE

$$\text{Payback Period} = P + |\text{Accumulated Net Cashflow P}| / \text{Net Cashflow P+1}$$

Tahun ke- (P)	Discounted Net Cashflow	Accumulated Net Cashflow
0	(5,376,744,507.78)	(5,376,744,507.78)
1	961,116,849.91	(4,415,627,657.87)
2	833,213,387.36	(3,582,414,270.51)
3	722,331,055.74	(2,860,083,214.78)
4	626,204,717.78	(2,233,878,497.00)
5	542,870,676.06	(1,691,007,820.94)
6	470,626,557.99	(1,220,381,262.94)
7	407,996,539.24	(812,384,723.70)
8	353,701,195.15	(458,683,528.55)
9	306,631,364.29	(152,052,164.26)
10	265,825,490.14	113,773,325.88
11	230,449,978.18	344,223,304.06
12	199,782,166.92	544,005,470.98
13	173,195,565.19	717,201,036.17
14	150,147,053.98	867,348,090.16
15	130,165,791.46	997,513,881.62
16	112,843,594.44	1,110,357,476.06
17	97,826,599.93	1,208,184,075.99
18	84,808,036.31	1,292,992,112.30
19	73,521,956.48	1,366,514,068.78
20	63,737,805.04	1,430,251,873.82

(dalam Rupiah)

P = Tahun terakhir kas kumulatif negatif

P = 6

Kas kumulatif P = 4,415,627,657.87

Arus kas P+1 = 833,213,387.36

Payback Periode = 11.30 tahun

11.00

3.59 bulan

3.00

17.83 hari

Payback periode = 11 Tahun 3 bulan 20 hari

Q. Perhitungan Tingkat Diskonto

PERHITUNGAN TINGKAT DISKONTO (*DISCOUNT RATE*)

$$\text{Weighted Average Cost of Capital (WACC)} = Wd \times Kd (1-t) + We \times Ke$$

Nilai Investasi	Rp		20.00
Umur Ekonomis (tahun)		20	

Struktur Pendanaan

65%	Kredit investasi bank	Rp		13.00
	Jangka pinjaman (tahun)		15	
	Bunga		9.95%	
	Pajak		25%	
35%	Shareholder	Rp		7.00
	Expected return		30%	

Tingkat diskonto

Menggunakan *Cost of Capital*

$$WACC = Wd.Kd(1-t) + We.Ke$$

Di mana,

Wd = Proporsi Pinjaman dari Total Pendanaan

We = Proporsi Modal dari Total Pendanaan

Kd = Biaya pinjaman

Ke = Biaya modal

t = Pajak

Maka,

$$WACC = 15.35\%$$

(Ridho,2019)

LAMPIRAN B
GAMBAR *LINES PLAN* KAPAL WISATA BERBAHAN DASAR
HDPE

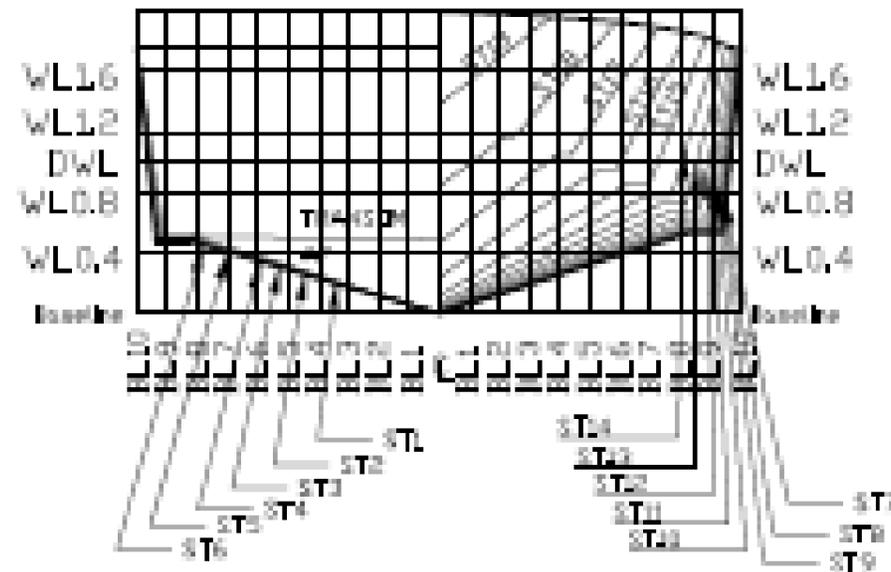
TABLE OF HALF-BREADTH

NO. Station	Flat/Of Bottom	HALF BREADTH (m)						NO. Station
		W.L. 0.4	W.L. 0.8	W.L. 1.1	W.L. 1.2	W.L. 1.6	Main Deck	
Transom	-	-	1.91	1.93	1.95	1.99	2.00	Transom
AP	-	1.24	1.91	1.93	1.95	1.99	2.00	AP
1	0.00	1.24	1.91	1.93	1.95	1.99	2.00	1
2	0.00	1.24	1.91	1.93	1.95	1.99	2.00	2
3	0.00	1.24	1.91	1.93	1.95	1.99	2.00	3
4	0.00	1.23	1.91	1.93	1.94	1.99	2.00	4
5	0.00	1.22	1.90	1.92	1.94	1.98	2.00	5
6	0.00	1.20	1.89	1.92	1.94	1.98	2.00	6
7	0.00	1.18	1.89	1.91	1.93	1.98	2.00	7
8	0.00	1.14	1.88	1.90	1.93	1.98	2.00	8
9	0.00	1.08	1.88	1.89	1.91	1.97	1.99	9
10	0.00	0.99	1.83	1.86	1.89	1.96	1.98	10
11	-	0.89	1.79	1.83	1.86	1.94	1.96	11
12	-	0.77	1.73	1.78	1.82	1.90	1.94	12
13	-	0.64	1.65	1.70	1.75	1.86	1.90	13
14	-	0.45	1.54	1.60	1.66	1.79	1.85	14
15	-	0.23	1.18	1.44	1.63	1.68	1.76	15
16	-	-	0.83	1.20	1.31	1.51	1.64	16
17	-	-	0.43	0.71	0.98	1.27	1.48	17
18	-	-	-	0.53	0.53	0.60	1.17	18
19	-	-	-	-	-	0.29	0.74	19
FP	-	-	-	-	-	-	0.00	FP

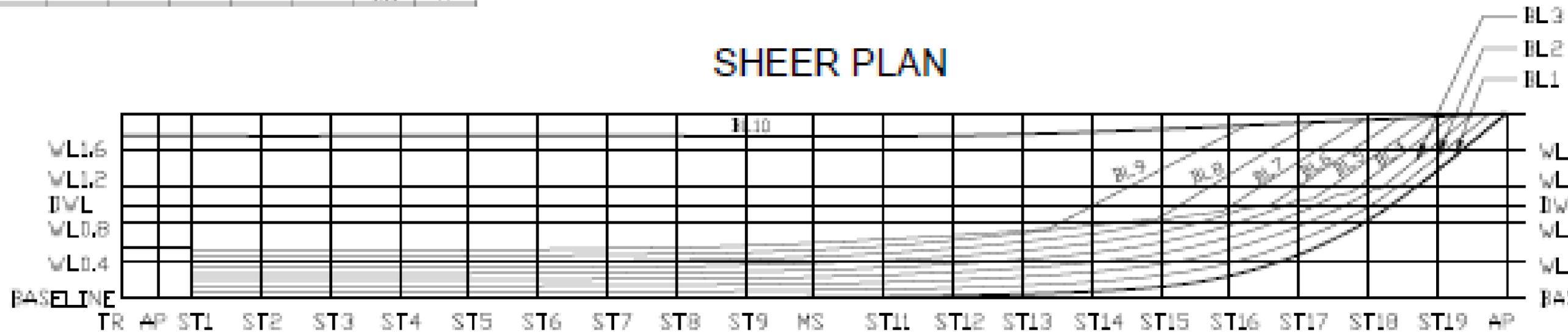
TABLE OF HEIGHT

NO. Station	BL 1	BL 2	BL 3	BL 4	BL 5
Transom	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
AP	0.53	0.53	0.53	0.53	0.53
1	0.00	0.06	0.13	0.19	0.20
2	0.00	0.06	0.13	0.19	0.20
3	0.00	0.06	0.13	0.19	0.20
4	0.00	0.06	0.13	0.19	0.20
5	0.00	0.06	0.13	0.19	0.20
6	0.00	0.06	0.13	0.20	0.20
7	0.00	0.07	0.13	0.20	0.20
8	0.00	0.07	0.14	0.20	0.20
9	0.00	0.07	0.14	0.21	0.20
10	0.00	0.08	0.15	0.22	0.20
11	0.01	0.08	0.17	0.25	0.20
12	0.02	0.11	0.19	0.28	0.20
13	0.04	0.13	0.23	0.32	0.20
14	0.06	0.17	0.28	0.38	0.20
15	0.12	0.24	0.38	0.48	0.20
16	0.24	0.38	0.52	0.66	0.20
17	0.47	0.62	0.78	0.92	1.17
18	0.84	0.98	1.14	1.28	1.17
19	1.38	1.53	1.68	1.85	1.17
FP	2.00	-	-	-	-

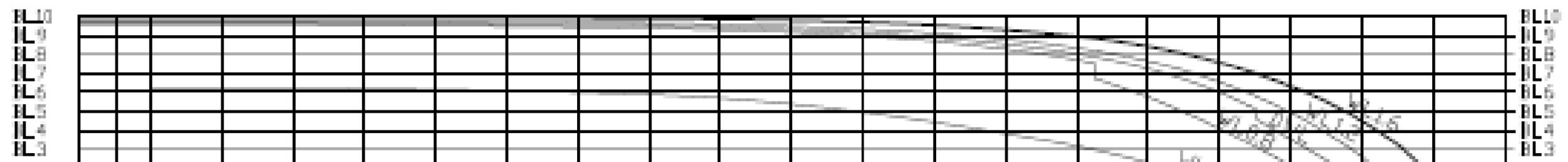
BODY PLAN



SHEER PLAN

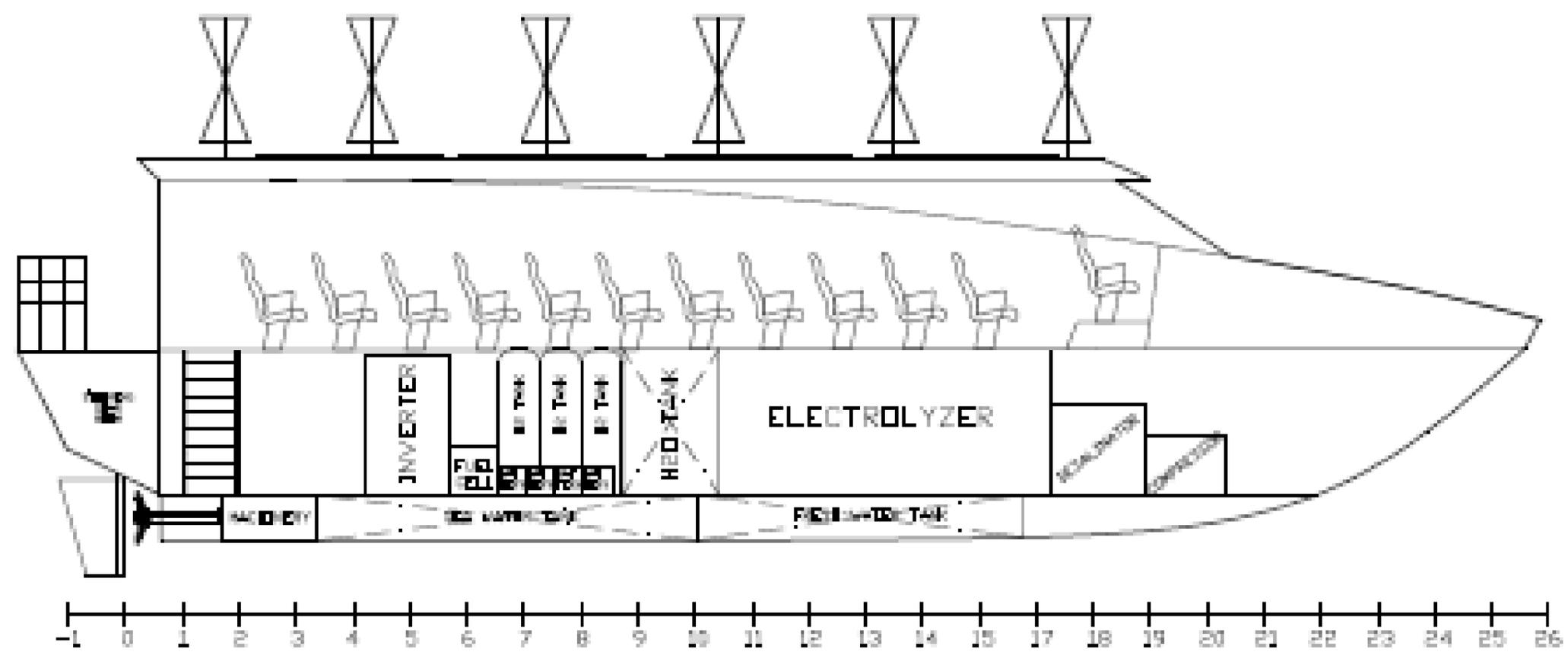


HALF BREADTH PLAN

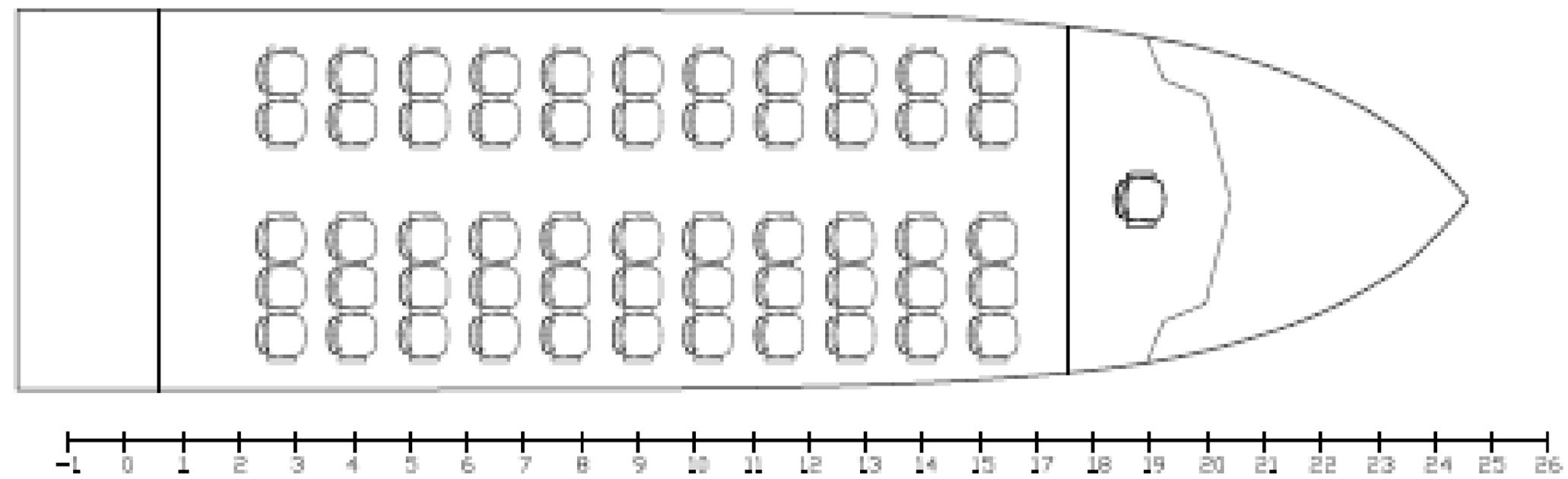


LAMPIRAN C
GAMBAR *GENERAL ARRANGEMENT* KAPAL WISATA
BERBAHAN DASAR HDPE

PROFIL VIEW



MAIN DECK



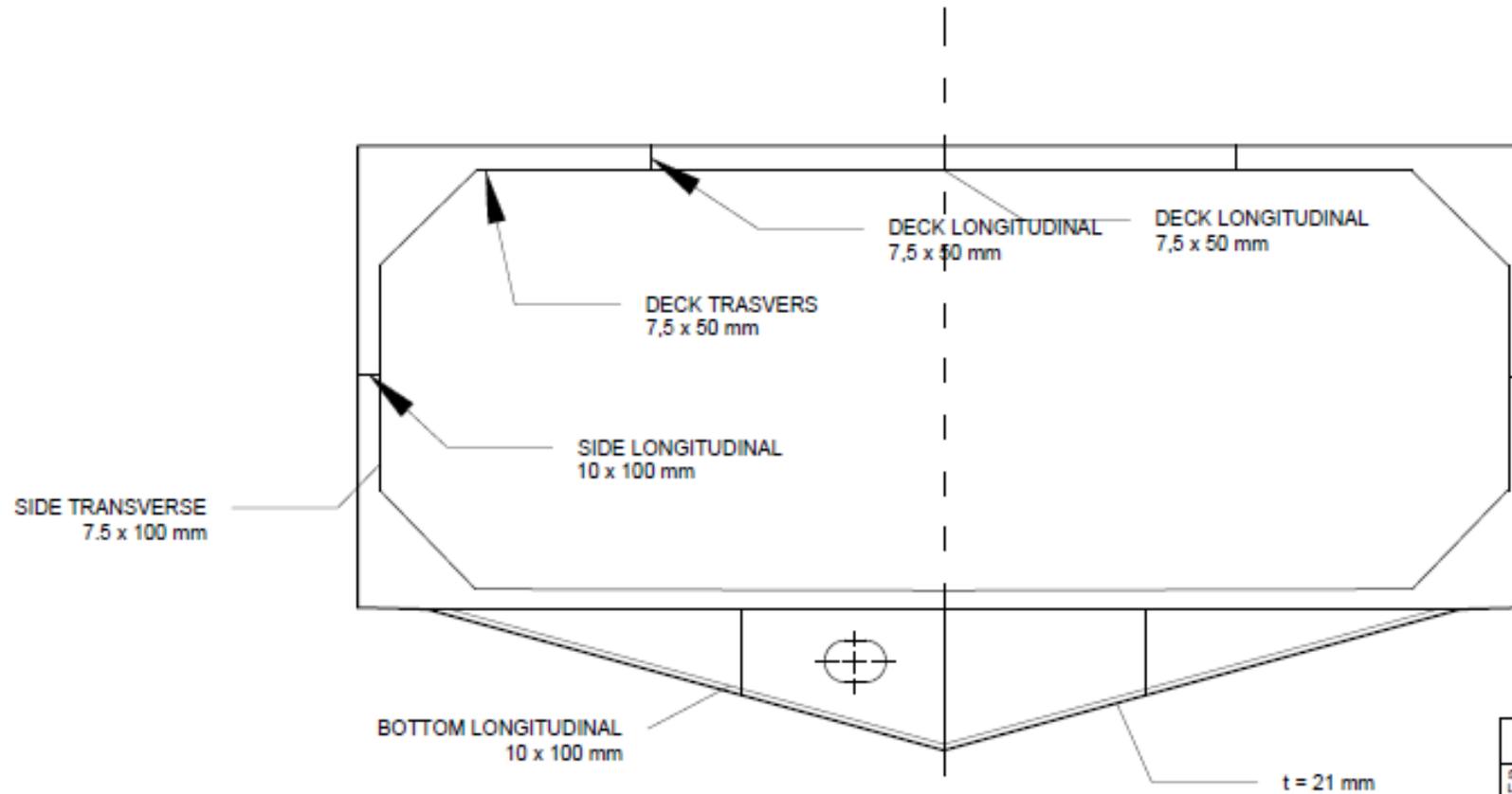
BELOW MAIN DECK



LAMPIRAN D
GAMBAR *MIDSHIP SECTION* KAPAL WISATA BERBAHAN
DASAR HDPE

FRAME 7

FRAME 10



PRINCIPAL DIMENSIONS	
SHIP TYPE	PASSENGER BOAT
LENGTH OVERALL (Loa)	18 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULAR (Lpp)	15 m
BREADTH (B)	5 m
HEIGHT (H)	4 m
DRAUGHT (T)	1.1 m
SERVICE SPEED (Vs)	8 knot
COMPLIMENTS	55 Persons
MAIN ENGINE POWER	90.1 HP

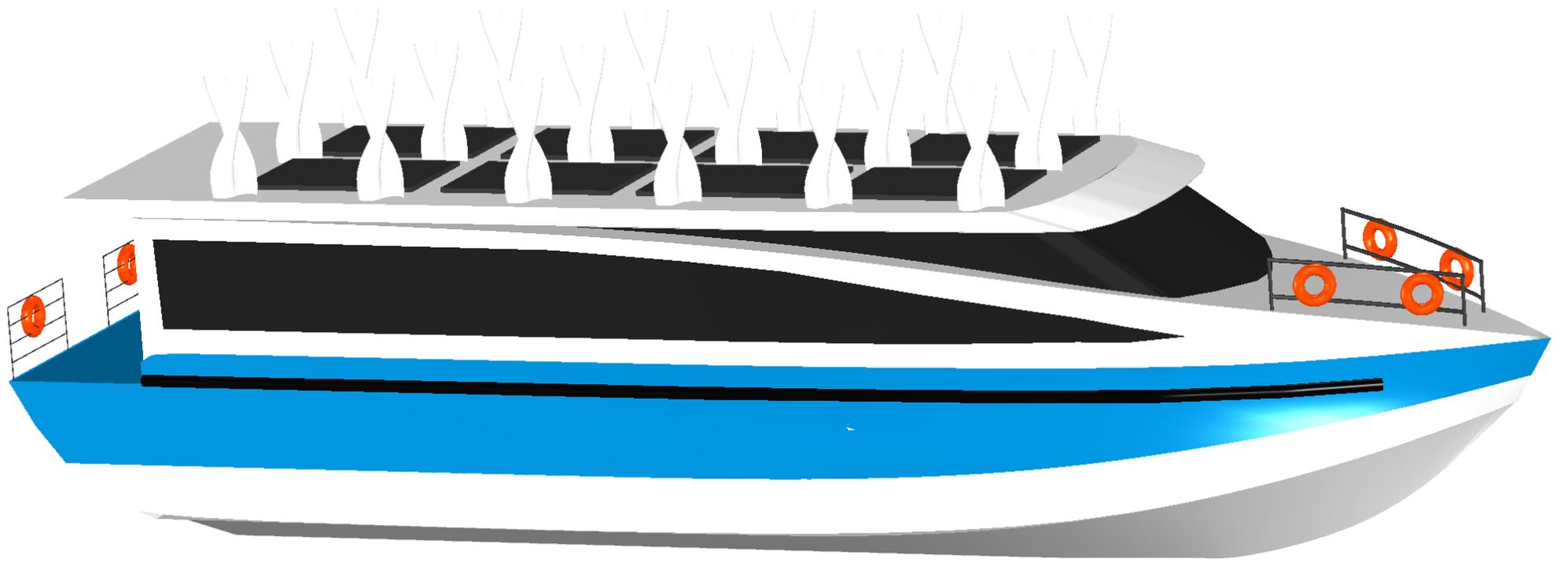


DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE
 FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY
 INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

K.M. MAHARANI
MIDSHIP SECTION

SCALE	SIGNATURE	DATE	REMARKS
1 : 150			
DRAWN	Quah Caesar Bagastara		411010009
APPROVE			AD

LAMPIRAN E
GAMBAR 3D *MODELLING* KAPAL WISATA HIBRIDA
BERBAHAN DASAR HDPE



BIODATA PENULIS



Gusti Caesar Bagaskara, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jember pada 16 Maret 1999 silam, Penulis merupakan anak pertama dari 4 bersaudara dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK RA Al-Hikmah, Ngoro, Jombang, kemudian melanjutkan ke SDN Salaman I, Magelang, SMPN 25 Purworejo dan SMAN 5 Purworejo. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2016 melalui jalur Mandiri/Kemitraan.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan Desain Kapal. Selama masa perkuliahan penulis aktif berorganisasi dalam BSO *HYDROMODELLING* HIMATEKPAL sebagai *staff Delegates Resource Development* pada kepengurusan 2017/2018 dan menjadi Staff Ahli BSO *HYDROMODELLING* HIMATEKPAL pada kepengurusan 2018/2019. Penulis juga tergabung dalam tim Hydron ITS sebagai *staff Technical Division* pada kepengurusan 2018/2019 yang berhasil memberangkatkan enam orang dari anggota tim untuk mengikuti perlombaan HYDROCONTEST 2018 di St. Tropez, Perancis.

Penulis tercatat pernah menjadi anggota Tim Barunastra Astramaya dan mendapatkan *Best Design Hovercraft* pada perlombaan MMENE Universitas Indonesia tahun 2017 dan 2018 .

Email: bagaska87@gmail.com