



TUGAS AKHIR - MN 184802

**DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA  
DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM* DI LAUT  
SULAWESI, SULAWESI UTARA**

Iqbal Abdul Rahman  
NRP 0411164000097

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

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





**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA  
DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM* DI LAUT  
SULAWESI, SULAWESI UTARA**

**Iqbal Abdul Rahman  
NRP 0411164000097**

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

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



**FINAL PROJECT - MN 184802**

***DESIGN OF CACTHING AND PROCESSING TUNA VESSEL  
WITH HYBRID PROPULSION SYSTEM FOR SULAWESI  
SEA, NORTH SULAWESI***

**Iqbal Abdul Rahman  
NRP 0411164000097**

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

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

## LEMBAR PENGESAHAN

# DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM* DI LAUT SULAWESI, SULAWESI UTARA

### 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:

**Iqbal Abdul Rahman**  
NRP 0411164000097

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I

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

Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
NIP 19761029 2002 12 1 003

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 PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM* DI LAUT SULAWESI, SULAWESI UTARA

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 21 Juli 2020

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

Oleh:

**Iqbal Abdul Rahman**  
NRP 041116000097

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dr. Eng. Yuda Apri Hermawan, S.T., M.T. ....
2. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. ....
3. Danu Utama, S.T., M.T. ....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. ....
2. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T. ....



SURABAYA, 6 AGUSTUS 2020

Dipersembahkan kepada kedua orang tua, keluarga dan sahabat atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir berjudul “DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM* DI LAUT SULAWESI, SULAWESI UTARA”, ini dapat diselesaikan dengan baik. Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng, dan Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini;
3. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Imam Baihaqi, S.T., M.T. selaku Dosen Wali atas bimbingan, kritik dan saran selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
5. Kedua orang tua dan kedua kakak penulis yang selalu mendukung penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dalam segi moral dan material;
6. Teman-teman P56 Serigala Kapal yang telah membantu penulis dalam kuliah dan pengerjaan Tugas Akhir ini;

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, 28 April 2020

Iqbal Abdul Rahman



# DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM* DI LAUT SULAWESI, SULAWESI UTARA

Nama Mahasiswa : Iqbal Abdul Rahman  
NRP : 0411164000097  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
2. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Salah satu komoditi perikanan yang memiliki potensi pasar dunia adalah ikan tuna. Peluang pasar ikan ini cukup besar, baik ekspor maupun pasar lokal. Sasaran ekspor ikan tuna yang terbesar adalah Jepang. Biasanya tuna yang diekspor ke Jepang adalah tuna yang masih segar untuk dibuat sashimi atau sushi. Salah satu daerah yang memiliki potensi perikanan yang cukup besar berada di Provinsi Sulawesi Utara yaitu Kota Bitung, Kota Bitung memiliki sumber daya laut dan perikanan yang sangat potensial. Namun, Kapal-kapal ikan pada daerah tersebut masih belum maksimal dalam memanfaatkan potensi ini dikarenakan banyak dari kapal-kapal tradisional yang mangkrak dan tidak terurus dikarenakan pemilik tidak mampu membiayai biaya operasional yang tinggi untuk bahan bakar, dan juga penerapan teknologi yang masih sederhana/konvensional. Selain itu pengolahan ikan tuna melalui alur yang panjang untuk diproduksi menjadi tuna *loin*. Dengan maksud untuk menunjang pemanfaatan potensi perikanan, mempercepat alur produksi, mengurangi jumlah pemakaian dan mengurangi emisi bahan bakar. Maka pada Tugas Akhir ini akan didesain kapal penangkap dan pengolah tuna dengan sistem propulsi hibrida. Hasil dari Tugas Akhir ini berupa kapal dengan payload 4.5 ton ikan, dengan ukuran utama kapal L: 20.66 m; B: 4.76 m; H: 2 m; T: 1.6; Vs: 8 Knot dengan rute pelayaran di Laut Sulawesi, Sulawesi Utara. Kapal menggunakan sistem propulsi hibrida yaitu kombinasi antara *electric motor* dan *diesel engine* dengan sumber daya dari gas hidrogen (*Fuel Cell*) yang langsung diproduksi *On-Board* dari air laut. Analisis teknis yang dilakukan meliputi perhitungan berat, perhitungan stabilitas, perhitungan *trim*, perhitungan *freeboard*, dan dilakukan desain rencana garis, rencana umum, desain model tiga dimensi serta analisis ekonomis. Biaya pembangunan kapal sebesar Rp 4.648.691.069, biaya operasional dalam satu tahun sebesar Rp 1.946.648.017 dan proyeksi pendapatan dalam satu tahun sebesar Rp 3.510.500.000. *Payback Period* didapatkan dengan pemakaian jasa selama 5 tahun, 6 bulan dan 7 hari. Persentase IRR sebesar 28.01%

Kata kunci: *Fuel cell*, Kapal ikan hibrida, Kapal penangkap dan pengolah tuna, Sistem propulsi hibrida.

***DESIGN OF CACTHING AND PROCESSING TUNA VESSEL WITH  
HYBRID PROPULSION SYSTEM FOR SULAWESI SEA, NORTH  
SULAWESI***

Author : Iqbal Abdul Rahman  
Student Number : 0411164000097  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : 1. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
2. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.

**ABSTRACT**

One of the fisheries commodities that has the potential of the world market is tuna. Tuna market opportunities are quite large, both export and local markets. The biggest tuna export target is Japan. Usually tuna exported to Japan is fresh tuna for sashimi or sushi. One area that has considere tuna fisheries potential is in North Sulawesi, Bitung. Bitung City has very big potential to marine and fisheries resources. However, fishing vessels in the area are still not optimally utilizing this potential because many of the traditional vessels are stalled and neglected because the owner is unable to pay the high operational costs for fuel, and also the application of technology still conventional. Besides, processing tuna through a long channel to be produced into tuna loin. In purpose to support the fisheries potential, accelerate the production flow, and reduce the fuel emissions. Therefore, this Final Project will design of catching and processing tuna vessels with hybrid propulsion system. The results of this Final Project are vessels with a payload of 4.5 tons of fish, with the main dimensions of the ship L: 20.66 m; B: 4.76 m; H: 2m; T: 1.6; Vs: 8 Knots with shipping routes in the Sulawesi Sea, North Sulawesi. The ship uses hybrid propusion system that is a combination of electric motor and diesel engine with the power source of hydrogen gas (Fuel Cell) which is directly produced on board from sea water. Technical analysis included weight calculation, stability calculation, trim calculation, freeboard calculation, and lines plan design, general plan design, three dimension model design and economic analysis. Vessel construction costs are Rp 4,648,691,069, operational costs in one year are Rp 1,946,648,017 and projected income in one year is Rp 3,510,500,000. Payback Period is obtained by using services for 5 years, 6 months and 7 days. Percentage of IRR of 28.01%.

Kata kunci: Design of catching and processing tuna vessels with a hybrid propulsion system, Fuel cell, Hybrid fishing vessel, Hybrid propulsion system.

## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR .....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR SIMBOL .....	xvi
BAB 1    PENDAHULUAN .....	1
1.1. Umum.....	1
1.2. Latar Belakang Masalah .....	1
1.3. Perumusan Masalah.....	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Batasan Masalah .....	3
1.6. Manfaat.....	4
1.7. Hipotesis .....	4
BAB 2    STUDI LITERATUR .....	5
2.1. Umum.....	5
2.2. Daerah Operasional .....	6
2.3. <i>Fishing Vessel</i> .....	7
2.4. Kapal Ikan Dengan Sistem Hibrida.....	8
2.5. Jenis Alat Tangkap .....	9
2.6. Proses pengolahan Ikan .....	10
2.7. Sistem Hibrida .....	13
2.8. <i>Fuel Cell</i> .....	14
2.9. Emisi.....	18
2.10. Analisis Ekonomis .....	18
2.11. Teori Desain.....	19
2.11.1. Tujuan Desain.....	19
2.11.2. Tahapan Desain.....	19
2.12. Tinjauan Teknis Desain Kapal.....	21
2.12.1. Ukuran Utama Kapal.....	21
2.12.2. Koefisien Bentuk Kapal .....	22
2.12.3. Berat dan Titik Berat Kapal.....	23
2.12.4. <i>Freeboard</i> .....	24
2.12.5. Trim.....	25
2.12.6. Stabilitas Kapal .....	26
2.12.7. Biaya Pembangunan Kapal.....	27
BAB 3    METODOLOGI .....	29
3.1. Umum.....	29

3.2.	Diagram Alir Penelitian.....	29
3.3.	Langkah Pengerjaan .....	30
3.3.1.	Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah.....	30
3.3.2.	Tahap Studi Literatur .....	30
3.3.3.	Tahap Pengumpulan Data.....	31
3.3.4.	Tahap Analisis dan Pengolahan Data.....	31
3.3.5.	Tahap Penentuan Ukuran Utama dan Desain Awal .....	31
3.3.6.	Tahap Analisis Ekonomi .....	32
3.3.7.	Tahap Kesimpulan dan Saran .....	32
BAB 4	ANALISIS TEKNIS .....	33
4.1.	Umum .....	33
4.2.	Penentuan <i>Owner Requirement</i> .....	33
4.3.	Penentuan <i>Payload</i> .....	34
4.4.	Skema Operasional.....	34
4.5.	Penentuan Ukuran Utama Optimum .....	35
4.6.	Perhitungan Koefisien .....	35
4.7.	Perhitungan Hambatan Kapal .....	35
4.8.	Desain <i>Hybrid System</i> .....	36
4.9.	Produksi Gas Hidrogen <i>On Board</i> .....	36
4.10.	Perhitungan <i>Hybrid System</i> .....	37
4.11.	Berat Lambung Kapal .....	38
4.12.	Perhitungan Berat Kapal.....	39
4.13.	Pengecekan Berat Kapal & <i>Displcement</i> .....	40
4.14.	Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	42
4.15.	Perhitungan <i>Gross Tonnage</i> .....	44
4.16.	Perhitungan Stabilitas.....	45
4.17.	Perhitungan Trim Kapal .....	47
BAB 5	DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA.....	49
5.1.	Umum .....	49
5.2.	<i>Fish Processing Room</i> .....	49
5.3.	Rencana Garis ( <i>Lines Plan</i> ) .....	50
5.4.	Rencana Umum ( <i>General Arrangement</i> ) .....	50
5.5.	Permodelan 3D Kapal .....	50
BAB 6	ANALISIS EKONOMIS .....	51
6.1.	Umum .....	51
6.2.	Biaya Pembangunan kapal.....	51
6.3.	Biaya Operasional .....	52
6.4.	Proyeksi Produksi dan Pendapatan .....	53
6.5.	<i>Payback Period</i> .....	53
6.6.	<i>Net Present Value</i> .....	54
6.7.	<i>Internal Rate of Return</i> .....	55
BAB 7	KESIMPULAN DAN SARAN .....	57
7.1.	Umum .....	57
7.2.	Kesimpulan .....	57
7.3.	Saran .....	58
	DAFTAR PUSTAKA .....	60
	LAMPIRAN	
	LAMPIRAN A ANALISIS TEKNIS	
	LAMPIRAN B ANALISIS EKONOMIS	

LAMPIRAN C	GAMBAR LINESPLAN
LAMPIRAN D	GAMBAR GENERAL ARRANGEMENT
LAMPIRAN E	GAMBAR PERMODELAN 3D
BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Laut Sulawesi Dalam Batas WPP 716 .....	6
Gambar 2.2 Jenis alat tangkap <i>gillnet millenium</i> .....	10
Gambar 2.3 Proses produksi tuna <i>loin</i> .....	11
Gambar 2.4 Skema kerja <i>fuel cell</i> .....	15
Gambar 2.5 Prinsip kerja PEM.....	16
Gambar 2.6 Gambar sistem hibrida KMP TWINS.....	17
Gambar 2.7 Stabilitas Positif.....	25
Gambar 2.8 Stabilitas Netral .....	26
Gambar 2.9 Stabilitas Negatif .....	27
Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan.....	30
Gambar 4.1 Skema Operasional Kapal.....	39
Gambar 4.2 Alur Penangkapan Sampai Produksi Tuna Loin .....	39
Gambar 4.3 Alur <i>Hybrid Propulsion Sysytem</i> .....	39
Gambar 4.4 Skema <i>Hybrid Propulsion System</i> .....	39
Gambar 4.5 Skema <i>Hybrid Propulsion System 1</i> .....	40
Gambar 4.6 Skema <i>Hybrid Propulsion System 2</i> .....	40
Gambar 4.7 Skema produksi gas .....	40
Gambar 4.8 Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	45
Gambar 5.1 <i>Layout Fish Processing Room</i> .....	49
Gambar 5.2 <i>Lines Plan</i> .....	50
Gambar 5.3 <i>General Arrangement</i> .....	51
Gambar 5.4 Permodelan 3D kapal tampak samping.....	51
Gambar 5.5 Permodelan 3D kapal tampak belakang.....	52
Gambar 5.6 Permodelan 3D kapal tampak depan .....	52
Gambar 6.1 Grafik <i>Payback Period</i> .....	55

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1 Waktu dan Jarak Tempuh Operasional.....	35
Tabel 4.2 Data Kapal Pembanding .....	35
Tabel 4.3 <i>Changing Variable</i> .....	36
Tabel 4.4 <i>Constraint 1</i> .....	36
Tabel 4.5 <i>Constraint 2</i> .....	36
Tabel 4.6 Ukuran Utama Kapal Optimum .....	37
Tabel 4.7 Koefisien Bentuk Kapal.....	37
Tabel 4.8 Perhitungan Berat Lambung kapal.....	43
Tabel 4.9 Perhitungan Berat Kapal.....	44
Tabel 4.10 <i>Loadcase</i> Stabilitas Kapal.....	46
Tabel 4.11 <i>Loadcase</i> Stabilitas Kapal.....	46
Tabel 6.1 Rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal.....	51
Tabel 6.2 Nilai Investasi Kapal .....	52
Tabel 6.3 Rekapitulasi Biaya Operasional .....	52
Tabel 6.4 Proyeksi Pendapatan.....	53
Tabel 6.5 <i>Payback period</i> .....	53
Tabel 6.6 Perhitungan NPV dan IRR.....	54

## DAFTAR SIMBOL

Loa	= Panjang keseluruhan kapal (m)
Lpp	= Panjang kapal dari titik AP ke FP (m)
Lwl	= Panjang kapal sesuai dengan garis air (m)
T	= Sarat kapal (m)
$\rho$	= Massa jenis ( $\text{kg/m}^3$ )
Fn	= <i>Froud Number</i>
Cb	= <i>Block Coefficient</i>
Cm	= <i>Midship Section Coefficient</i>
Cwp	= <i>Waterplan Coefficient</i>
Cp	= <i>Prismatic Coefficient</i>
LWT	= <i>Light Weight Tonnage</i> (ton)
DWT	= <i>Dead Weight Tonnage</i> (ton)
LCB	= <i>Longitudinal Center of Bouyancy</i> (letak memanjang titik gaya apung) (m)
LCG	= Letak memanjang titik gaya berat dihitung dari AP kapal (m)
$\nabla$	= <i>Volume Displacement</i> ( $\text{m}^3$ )
$\Delta$	= <i>Displacement</i> (ton)
f	= <i>Frame Spacing</i> (m)
S	= <i>Wetted Surface Area</i> ( $\text{m}^2$ )
W	= <i>Displacement Weight</i> (ton)
Ta	= <i>Moulded Draft At Ap</i> (m)
Tf	= <i>Moulded Draft At Fp</i> (m)
W <sub>St</sub>	= Berat <i>Steel</i> (ton)
Fb	= <i>Freeboard</i> (m)
KG	= Tinggi titik berat kapal di atas lunas (m)
F	= <i>Effective freeboard</i> (m)



# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Umum**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang atau hal-hal yang menjadi dasaran dalam melakukan penelitian serta perumusan masalah dan batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai melalui Tugas Akhir ini, manfaat yang diperoleh dari Tugas Akhir ini, hipotesis dari penelitian dan sistematika penulisan dari laporan Tugas Akhir ini. Pembahasan mengenai permasalahan akan dibahas pada subbab rumusan masalah, dan dari permasalahan tersebut diperlukan ruang lingkup atau batasan malah agar pembahasan laporan Tugas Akhir tidak menyimpang jauh dari pembahasan utama yang ditulis pada subbab batasan masalah. Subbab tujuan dan manfaat akan menjelaskan mengenai hal-hal yang akan diperoleh dalam pengerjaan Tugas Akhir ini dan subbab sistematika penulisan berisikan informasi mengenai format penyusunan penulisan laporan Tugas Akhir ini.

### **1.2. Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara kepulauan terbesar dengan panjang pantai mencapai 95.181 km dengan luas wilayah laut 5,4 juta km<sup>2</sup>, adalah negara kepulauan terbesar di dunia karena memiliki luas laut dan jumlah pulau yang besar. Total luas teritorial Indonesia mendominasi sebesar 7,1 juta km<sup>2</sup>. Potensi tersebut menempatkan Indonesia sebagai negara yang dikaruniai sumber daya kelautan yang besar termasuk kekayaan keanekaragaman hayati dan non hayati kelautan terbesar. Sehingga membuat membuat wilayah laut Indonesia kaya akan hasil laut yang melimpah. Menurut data potensi sumber daya perikanan yang diterbitkan Kementerian Kelautan dan Perikanan 2017, Indonesia merupakan salah satu negara terbesar penghasil ikan tangkap laut di dunia. Per tahun, produksi ikan yang dihasilkan mampu mencapai 12,54 juta ton.

Salah satu komoditi perikanan yang memiliki potensi pasar dunia adalah ikan tuna. Pertumbuhan produksi ikan tuna dalam kurun waktu 1989 – 2006 mencapai 4,74% per tahun dengan volume ekspor 5,21% per tahun. Bahkan nilai ekspor tuna pada tahun 2008 menempati urutan kedua setelah udang. Total produksi tuna secara nasional sampai Oktober 2008 mencapai

130.056 ton dengan nilai sebesar 347,189 juta USD (Analisis Data Kelautan dan Perikanan, 2007).

Peluang pasar ikan tuna cukup besar, baik ekspor maupun pasar lokal. Sasaran ekspor tuna yang terbesar adalah Jepang. Biasanya tuna yang diekspor ke Jepang adalah tuna yang masih segar untuk dibuat *sashimi* atau *sushi*. Kedua terbesar setelah Jepang adalah Amerika, tetapi umumnya diekspor sudah dalam bentuk kalengan. Di Indonesia sendiri, pasar tuna terdapat di kota-kota besar khususnya Jawa atau kota yang memiliki banyak restoran Jepang. Selain kedua negara tersebut, tuna juga memiliki peluang pasar yang besar di kawasan Timur Tengah dan Eropa Timur.

Salah satu daerah yang memiliki potensi perikanan yang cukup besar berada di Provinsi Sulawesi Utara yaitu Kota Bitung, Kota Bitung memiliki sumberdaya laut dan perikanan yang sangat potensial mencapai 587 ribu ton, sementara yang dimanfaatkan baru 147 ribu ton atau sekitar 25,04% ([www.setkab.go.id/pro-rakyat-1513](http://www.setkab.go.id/pro-rakyat-1513)). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS), pada tahun 2018, jumlah ekspor produk tuna, tongkol dan cakalang dari wilayah ini mencapai angka 21,5 juta kg, dengan total pemasukan sekitar USD 129 juta. Dari jumlah tersebut, 8,9 juta kg produk tuna yang diekspor pada 2018, memberi kontribusi pendapatan sebesar USD71,9 juta.

Namun, dari potensi yang sangat tinggi ini sampai sekarang mayoritas nelayan di daerah tersebut, terutama nelayan buruh, masih hidup dalam kubangan kemiskinan. Salah satu faktor penyebabnya yaitu mayoritas nelayan di pesisir pantai masih menggunakan teknologi sederhana. Selain itu fasilitas penangkapan ikan dan harga ikan masih belum memberikan kesejahteraan bagi para nelayan disana. Sehingga perlu dipikirkan upaya atau cara untuk meningkatkan kesejahteraan nelayan dengan mengupayakan meningkatkan pendapatan nelayan. Cara yang dapat ditempuh adalah dengan menambah fungsi kapal ikan supaya tidak hanya menjadi kapal penangkap ikan saja, tetapi juga sebagai kapal pengolah ikan sehingga nilai jual hasil tangkapan akan bertambah.

Selain itu, banyak dari kapal-kapal tradisional yang mangkrak dan tidak terurus dikarenakan pemilik tidak mampu membiayai biaya operasional yang tinggi untuk bahan bakar BBM. Sehingga perlu dipikirkan upaya atau cara untuk mengurangi biaya operasional tersebut. Salah satu upaya yang dapat ditempuh yaitu menerapkan bahan bakar alternatif seperti *hydrogen fuel cell* dengan memasukkan konsep kapal hibrida. Konsep sistem hibrida yang digunakan yaitu kombinasi hydrogen fuel cell dan diesel. Konsep tersebut dapat menjadi solusi untuk menghemat pemakaian bahan bakar BBM untuk operasional kapal. Sebagai realisasi dari

berbagai upaya tersebut, maka pada Tugas Akhir ini didesain kapal penangkap dan pengolahan ikan dengan sistem hibrida.

### **1.3. Perumusan Masalah**

Sehubungan dengan latar belakang diatas, permasalahan yang akan di kaji pada Tugas Akhir ini yaitu:

1. Bagaimana menentukan *payload* kapal?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal optimum?
3. Bagaimana melakukan analisis teknis kapal?
4. Bagaimana menentukan sistem hibrida dan jumlah kebutuhan bahan bakar untuk sistem hibrida?
5. Bagaimana membuat desain Rencana Garis, Rencana Umum, dan Model 3D dari kapal?
6. Bagaimana menentukan analisis ekonomis kapal?

### **1.4. Tujuan**

Tujuan utama dari Tugas Akhir ini adalah mendapatkan desain dari kapal yang dapat menangkap dan mengolah ikan tuna dengan *hybrid propulsion system* di Laut Sulawesi sehingga dapat mengurangi biaya operasional maupun akomodasi pengolahan ikan tuna, tanpa harus membangun suatu pabrik pengolahan tuna di darat, dan mengurangi emisi pembakaran pada kapal ikan. Adapun tujuan khusus dari Tugas Akhir ini yaitu:

1. Menentukan *payload* kapal.
2. Menentukan ukuran utama kapal optimum.
3. Melakukan analisis teknis kapal.
4. Menentukan komponen sistem propulsi hibrida pada kapal dan jumlah kebutuhan bahan bakar untuk sistem hibrida.
5. Melakukan desain Rencana Garis, Rencana Umum, Model 3D dari kapal.
6. Melakukan analisis ekonomis kapal.

### **1.5. Batasan Masalah**

Batasan permasalahan yang digunakan dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Hanya sebatas *concept design*.
2. Perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang dan kekuatan melintang diabaikan.
3. *Hybrid propulsion system* yang digunakan adalah kombinasi *electric motor* dan *diesel engine*.

4. Pengolahan ikan yang dimaksud dibatasi hingga tahap pemfilletan ikan dan pengemasan.

### **1.6. Manfaat**

Manfaat daripada penelitian Tugas Akhir ini akan dilihat dari dua aspek utama, yaitu:

1. Kontribusi Keilmuan, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan mengembangkan keilmuan dalam bidang perkapalan serta turut memajukan dunia pendidikan di Indonesia.
2. Kontribusi Masyarakat, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai inovasi dalam industri perkapalan untuk menunjang penangkapan ikan tuna di Indonesia, khususnya di perairan Laut Sulawesi.

### **1.7. Hipotesis**

Desain Kapal penangkap dan pengolah ikan dengan sistem hibrida untuk perairan di daerah Laut Sulawesi akan menghasilkan kapal yang dapat menangkap dan mengolah ikan tuna, mengurangi biaya operasional pelayaran dan meminimalisir timbulnya emisi yang menyebabkan adanya polutan.

## **BAB 2**

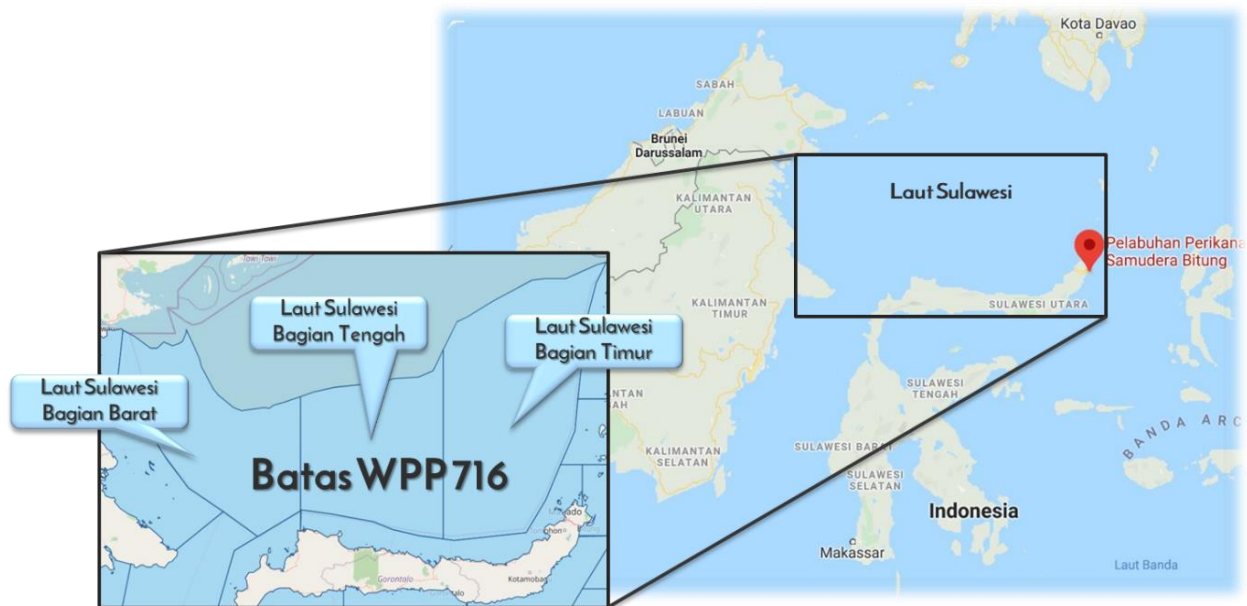
### **STUDI LITERATUR**

#### **2.1. Umum**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai literatur dan pustaka apa saja yang dijadikan referensi oleh penulis. Diantaranya yaitu pustaka mengenai *fishing vessel*, kapal ikan hibrida, proses pengolahan ikan, jenis alat tangkap, *hydrogen fuel cell*, teori desain secara umum, tinjauan teknis dalam mendesain kapal, pustaka serta peraturan-peraturan yang digunakan untuk mendukung pengerjaan Tugas Akhir ini. Semua referensi ini nantinya akan dijadikan acuan dan referensi dalam menulis dan mengerjakan Tugas Akhir ini.

#### **2.2. Daerah Operasional**

Laut Indonesia menjadi salah satu lumbung perikanan dunia, salah satunya berasal dari Laut Sulawesi. Terletak di pusat bio-diversitas tropis, hal ini membuat wilayah Laut Sulawesi kaya akan keanekaragaman hayati dimana ditemukan lebih dari 500 spesies karang, 2.500 spesies ikan laut, habitat spesies penyu laut (*green, hawksbill, olive ridley, loggerhead* dan *leatherback*) dan beberapa habitat mamalia air laut diantaranya adalah paus pembunuh (*sperm whale*) dan dugong (BLH Prov. Sulawesi Utara, 2012). Dari keanekaragaman hayati tersebut di wilayah perairan ini yang paling banyak ditangkap dan bernilai ekonomi tinggi adalah tuna dan cakalang. Laut Sulawesi terletak di barat Samudra Pasifik dibatasi oleh Kepulauan Sulu, Laut Sulu, dan Pulau Mindanao, Filipina, di utara, di timur oleh rantai Kepulauan Sangihe, di selatan oleh Sulawesi, dan di barat oleh Kalimantan, Indonesia. Laut ini berbentuk basin besar, dan kedalamannya mencapai 6.200 m. Memanjang 420 mil (675 km) utara-selatan dengan 520 mil (837 km) timur-barat dan wilayah permukaan totalnya 110.000 mil persegi (280.000 km persegi). Laut ini membuka ke barat daya melalui Selat Makassar ke Laut Jawa. Laut Sulawesi termasuk ke dalam Wilayah Pengelolaan Perikanan (WPP-NRI) 716 meliputi perairan sebelah utara Pulau Halmahera yang tercakup dalam wilayah administrasi 5 provinsi yaitu: Kalimantan Utara, Gorontalo, Sulawesi Utara, Sulawesi Tengah, dan Maluku Utara. Batas geografis WPPNRI 716 yang meliputi Laut Sulawesi dan utara Pulau Halmahera tercantum didalam Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan 18/PERMENKP/2014. WPPNRI 716 ini berbatasan dengan wilayah teritorial negara sahabat, yakni Malaysia dan Filipina. Adapun Laut Sulawesi dalam batas WPP 716 dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Laut Sulawesi Dalam Batas WPP 716  
( Sumber: <https://www.maps.google.com> )

### 2.3. *Fishing Vessel*

*Fishing vessel* atau kapal ikan merupakan istilah yang umum digunakan untuk menyebut kapal atau perahu yang digunakan dalam aktivitas penangkapan ikan. Menurut UU No. 45 Tahun 2009, Kapal perikanan didefinisikan sebagai kapal, perahu, atau alat apung lain yang digunakan untuk penangkapan ikan, mendukung operasi penangkapan ikan, pembudidayaan ikan, pengangkutan ikan, pengolahan ikan, pelatihan perikanan, dan penelitian perikanan. Berdasarkan Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 1 Tahun 2017, kapal perikanan terdiri dari kapal penangkap ikan, kapal pengangkut ikan, kapal latih perikanan, kapal penelitian/eksplorasi perikanan, dan kapal pendukung operasi pembudidayaan ikan. Kapal penangkap ikan adalah kapal yang digunakan untuk menangkap ikan, termasuk menampung, menyimpan, mendinginkan, dan/atau mengawetkan ikan.

Jenis kapal penangkap ikan dapat digolongkan berdasarkan alat penangkapan ikan yang digunakan pada kapal tersebut, yaitu *trawlers*, *seiners*, *dredgers*, *lift netters*, *gill netters*, *trap setters*, *liners*, *pumps*, dan *multipurpose vessels* (Food and Agriculture Organization of the United Nations, 1985). Di Indonesia, mengacu pada Peraturan Menteri Kelautan dan Perikanan No. 71 Tahun 2016, alat penangkap ikan dibagi menjadi sepuluh kelompok, yaitu jaring lingkaran (*surrounding nets*), pukat tarik (*seine nets*), pukat hela (*trawls*), penggaruk (*dredges*), jaring angkat (*lift nets*), alat yang dijatuhkan (*falling gears*), jaring insang (*gillnets and entangling nets*), perangkap (*trap*), pancing (*hooks and lines*), dan alat penjepit dan melukai (*grappling*

*and wounding*). Masing-masing kelompok alat tangkap terdiri dari berbagai jenis alat dengan sebutan yang bermacam-macam. Jumlah penggunaan jenis alat tangkap berbeda-beda di tiap daerah, dipengaruhi oleh karakteristik kapal, wilayah perairan, dan tradisi masyarakat nelayan di wilayah tersebut.

#### **2.4. Kapal Ikan Dengan Sistem Hibrida**

Pramudya Imawan Santosa dan I Ketut Aria Pria Utama (2012), melakukan penelitian tentang pengembangan kapal ikan katamaran dengan penggerak *hybrid*. Secara garis besar kelemahan kapal ikan lambung tunggal, terutama dalam persoalan stabilitas, diantisipasi dengan pengenalan bentuk lambung ganda (katamaran). Di sisi lain, makin langka dan mahalnya bahan bakar fosil diantisipasi dengan penggunaan kembali layar dan pengenalan bentuk- bentuk energi alternatif yang ramah lingkungan seperti pemanfaatan energi matahari dalam bentuk sel surya dan pemanfaatan tenaga gelombang laut dengan sistem yang disebut *wave-power mechanism*.

Konsep pengembangan kapal yang ramah lingkungan bisa ditinjau dari tiga aspek yaitu pertama, aspek pengembangan energi alternatif yang menggantikan atau mengurangi fungsi bahan bakar fosil dalam menggerakkan motor kapal; kedua, aspek pengembangan sistem penggerak kapal (motor dan baling-baling) yang tidak mencemari lingkungan laut; dan ketiga, pengembangan badan kapal yang bisa memperkecil tahanan kapal dan memperbaiki olah gerak kapal. Dalam rancang bangun kapal yang ramah lingkungan ketiga aspek tersebut menjadi bahan pertimbangan yang penting sekaligus menjadi fokus perhatian dalam merancang kapal ikan yang ramah lingkungan, hemat bahan bakar dan berkinerja yang baik.

Eko Sasmito Hadi dan Untung Budiarto (2008) merancang sistem penggerak propeller pada kapal KM Brandal menggunakan sistem *hybrid* yang artinya menggabungkan dua sumber energi yang berbeda untuk mendapatkan energi lain yang kita inginkan. Sumber energi yang dipakai dilapangan adalah energi matahari dari solar cell dan energi listik dari genset yang digunakan untuk mensuplai listrik ke motor listrik sebagai mesin penggerak propeller.

Menurut Mohd Ridwan (2011), menyatakan power (daya) yang dibutuhkan untuk kapal 30 GT, adalah 124.56 HP untuk kecepatan kapal 6 knots (rata-rata kecepatan maksimum yang dapat dicapai oleh kapal *purse seine* Pekalongan), sehingga ketersediaan power di kapal hingga 300 HP dapat dimanfaatkan untuk menambah kecepatan kapal, dan kebutuhan lain seperti : power untuk mesin penarik jaring atau dapat juga di pakai sebagai pembangkit listrik untuk lampu penerangan.

Andi Haris Muhammad, Baharuddin dan Hasnawiya Hasan (2019), melakukan penelitian desain konfigurasi sistem propulsi hybrid terhadap pengurangan konsumsi BBM kapal penangkap ikan 30 GT. Secara sistematis perancangan sistem propulsi *hybrid* meliputi; i) asumsi pembebanan operasi; ii) prediksi *speedthrust*; iii) prediksi konsumsi bahan bakar. Desain sistem propulsi *hybrid* dianalisis dengan menggunakan konsep *time domain simulation* pergerakan kapal. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan sistem propulsi *hybrid* pada kapal penangkap ikan sangat efektif dalam mengurangi konsumsi bahan bakar dibandingkan dengan sistem propulsi konvensional, terkhusus pada kondisi pemuatan dan kecepatan yang bervariasi.

Semakin banyak konsumsi bahan bakar minyak khususnya di industri maritim membuat ketersediaan minyak bumi semakin menipis dan harga bahan bakar minyak semakin tinggi, sehingga dapat mempengaruhi kondisi lingkungan serta ekonomi. Oleh sebab itu, pengembangan sumber energi alternatif sangat dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan energi di kapal (Argianto dan Winarno, 2017).

Menurut Erdinc dan Uzunoglu (2012), menggabungkan sumber energi terbarukan dengan sebuah unit cadangan untuk membentuk sistem *hybrid*, dapat menyediakan listrik yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan dibandingkan dengan penggunaan sistem tunggal. (Hendrayana, 2017) telah melakukan penelitian dengan merancang sebuah sistem pembangkit listrik hybrid dengan memanfaatkan generator sebagai daya tambahan, penelitian tersebut mendapatkan hasil persentase yakni pemanfaatan energi terbarukan meningkat dari 11,73% menjadi 25,94% dan untuk pemanfaatan generator berbahan bakar fosil mengalami penurunan dari 24,05% menjadi 16,74%. Menurut Soba et al (2019) semakin besar kapasitas energi terbarukan yang digunakan, maka semakin sedikit bahan bakar yang akan digunakan.

Hafez and Bhattacharya (2012) merancang sistem dengan empat skenario berbeda, yaitu hanya *diesel*, gabungan energi terbarukan, gabungan energi terbarukan dengan *diesel*, and konfigurasi jaringan mikro terkoneksi ke jaringan luar. Tujuan penelitian ini untuk membandingkan dan mengevaluasi beberapa desain sistem dari segi ekonomi, cara kerja operasional, dan emisi terhadap lingkungan. Dari analisis keempat skenario yang telah dirancang, hasil yang ditunjukkan bahwa skenario 3 (*diesel*-energi terbarukan) adalah yang paling optimal karena lebih efektif dalam memenuhi kebutuhan beban dan lebih ekonomis.



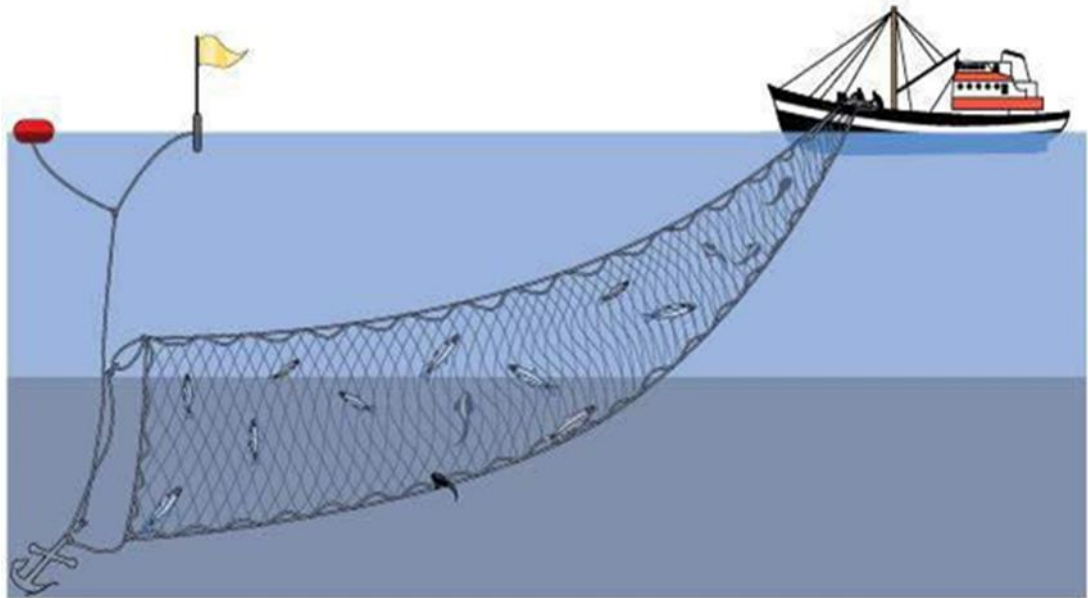
## 2.5. Jenis Alat Tangkap

Alat tangkap ialah istilah yang digunakan sebagai terjemahan langsung dari *fishing gear*, yaitu peralatan yang secara langsung digunakan dalam operasi penangkapan ikan. Pada klasifikasi tingkat pertama, alat tangkap bisa dibedakan menjadi 3 (tiga) kategori, ialah: pancing, jaring, dan alat lain, selain dari kedua tipe tersebut. Berdasarkan kelengkapan konstruksi, pancing dibedakan menjadi tanpa joran dan lengkap dengan joran. Dengan cara yang sama, pancing juga dibedakan dalam kategori kait dengan *hook (barb)* dan kait tanpa *hook (barbless)*. Satu-satunya alat pancing dengan joran tapi tanpa hook disebut *Huhate* atau *Pole & Line*. Pancing yang mempunyai *hook* bisa dibedakan dalam tiga kategori, berdasarkan keaktifannya, antara lain pancing yang dalam operasinya bersifat pasif, semi-aktif dan aktif. Rawai (*Long-Line*) ialah pancing dengan *hook* yang operasinya pasif (pancing ini tidak dilengkapi joran). Pancing semi-aktif sering disebut Pancing Ulur atau *Jigging*. Sedangkan pancing yang dioperasikan secara aktif disebut Tonda atau *Troll-Line*. Pancing tonda dan ulur bisa dioperasikan tanpa atau dengan joran.

Alat Jaring, berdasarkan konstruksi dan cara operasinya, bisa dibedakan menjadi 4 (empat) kategori, ialah: jaring yang operasinya diangkat, jaring yang operasinya membentang (bidang), jarring yang operasinya melingkar dan membentuk mangkok, dan jaring yang mempunyai kantong. Jaring Angkat umumnya disebut bagan atau *Lift-Net*. Berdasarkan tempat atau lokasi penangkapan, bagan bisa dibedakan menjadi 2 (dua) kategori, ialah: operasi permanen pada satu tempat, dan operasi secara dinamis (temporal). Kedalam kategori ini kita mengenal istilah Bagan Tancap (*Fixed Lift-Net*) dan Bagan Perahu/Rakit (*Mobile Lift-Net*). Jaring dengan operasi membentang (bidang) paling umum disebut jaring insang (*gill net*). Jaring Insang bisa dioperasikan hanyut mengikuti arus (*Drift Gill Net*), dioperasinya secara menetap (*set gill net*), maupun secara melingkar (*encircling gill net*). *Trammel Net* atau disebut Jaring Gondrong maupun jaring udang, dan *Gill Net* yang terdiri dari 3 (tiga) bidang jaring secara bersama.

Jaring lingkaran lebih sering disebut pukot. Jika tali ris bawah (disebut tali kolor) bisa ditarik dan dikencangkan, jaring akan membentuk mangkok dan bagian bawah jaring tertutup. Tipe jarring seperti ini disebut Pukat Cincin atau Purse Seine. Tipe konstruksi Jaring Lingkaran yang tidak dilengkapi dengan tali kolor, namun bisa membentuk mangkok disebut Lampara. Tipe jaring yang terakhir ialah alat jaring yang konstruksinya dilengkapi dengan kantong untuk mengumpulkan hasil tangkapan. Alat ini disebut Pukat Kantong. Dalam operasinya, Pukat Kantong dibedakan menjadi 2 (dua), antara lain operasi non-hela dan operasi dihela (dihela

berarti perahu bergerak menarik jaring sampai waktu tertentu sebelum diangkat). Pukat kantong non-hela, termasuk diantaranya ialah: Pukat Pantai (Jaring Tarik) atau *Beach Seine*, Dogol, dan Payang. Salah satu alat tangkap modern yang banyak digunakan adalah *Gillnet Millenium* seperti terlihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Gambar *gillnet millenium*  
Sumber: Budiman, 2014

Alat tangkap kategori lain dibedakan dalam 5 (lima) kategori, ialah: Perangkap (*Trap*), Pencar (*Cast Net*), Sotok (*Stow Net*), *Spear Gun* (Ter) dan alat lain (*others*). Berdasarkan konstruksinya, perangkap dibedakan menjadi: permanen dan temporer. Bubu ialah jenis perangkap temporer, mudah dioperasikan dan bisa dipindahkan sesuai dengan daerah penangkapan. Jenis perangkap yang dibuat secara permanen diantaranya ialah: Sero (*Guiding Barrier*), Jermal dan Malalugis. Alat pencar sebenarnya terbuat dari jaring. Namun karena ukurannya kecil dan operasinya tidak memerlukan alat tambahan, dia dimasukkan dalam kategori alat lain. Sotok ialah sejenis *Stwo Net* yang juga terbuat dari jaring. Ukuran dan kemudahan operasi membuat dia disatukan dengan kategori alat lain. *Spear Gun*, ialah sejenis Ter atau Busur untuk menangkap ikan. *Spear Gun* dibedakan dalam kategori Ter, Tombak dan Panah/Bow. Terakhir ialah alat lain dari semua ketentuan tersebut di atas. Termasuk kedalam kategori ini ialah Alat Pengumpul Kerang, Linggis atau Ganco.

## 2.6. Proses Pengolahan Ikan

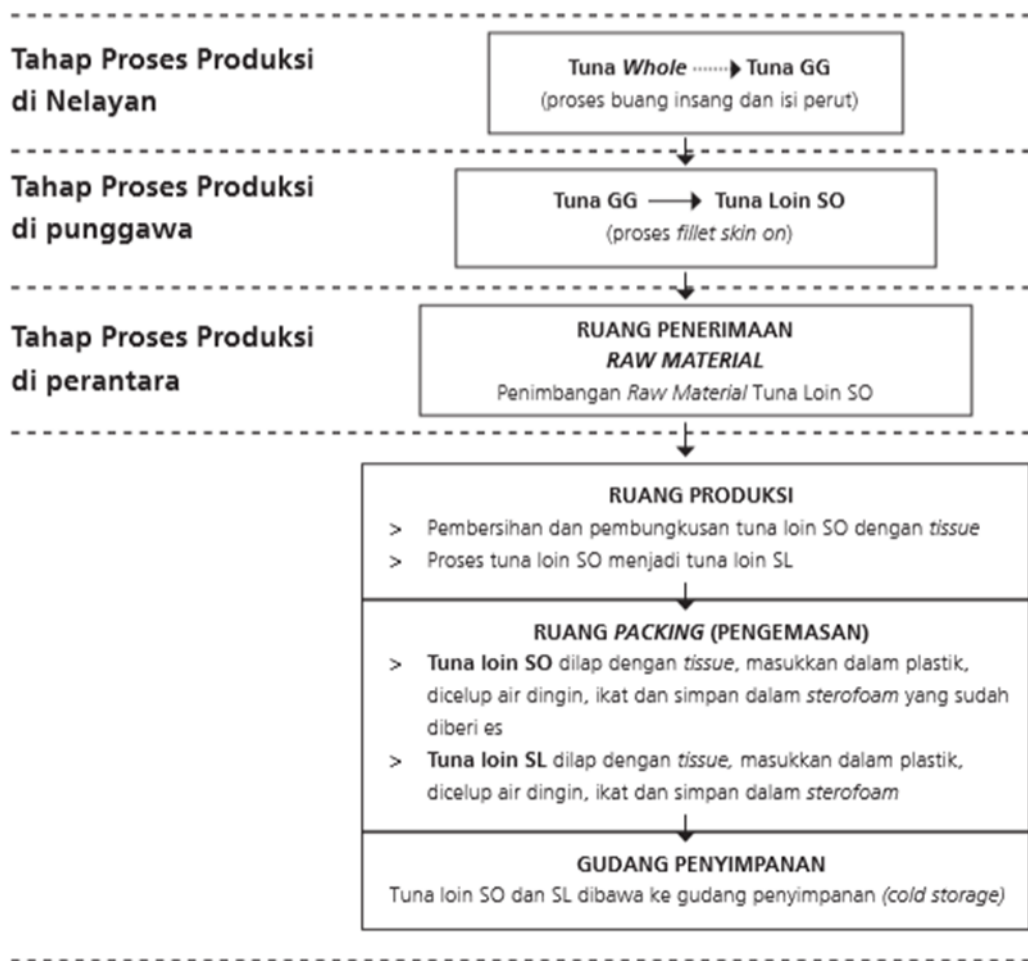
Menurut UU No. 17 Tahun 2008 pasal 1 ayat 16, pelabuhan adalah tempat yang terdiri atas daratan dan/atau perairan dengan batas-batas tertentu sebagai tempat kegiatan pemerintahan dan kegiatan pengusahaan yang dipergunakan sebagai tempat kapal bersandar, naik turun penumpang, dan/atau bongkar muat barang, berupa terminal dan tempat berlabuh kapal yang dilengkapi dengan fasilitas keselamatan dan keamanan pelayaran dan kegiatan penumpang pelabuhan serta sebagai tempat perpindahan intra dan antarmoda transportasi (UU No. 17/2008, 2008).

Mengingat produksi (*processing*) tuna hanya memerlukan teknologi pengolahan secara sederhana, maka fasilitas dan peralatan yang dibutuhkan juga tidak terlalu rumit. Fasilitas dan peralatan minimal yang diperlukan dalam pengolahan tuna meliputi :

- a) Ruang proses (*processing room*),
- b) Meja potong
- c) Meja *trimming*
- d) Pisau *fillet*
- e) Pisau *trimming*
- f) *Box sterofom*
- g) *Cutting board*
- h) Sepatu boot
- i) *Basket* (keranjang)
- j) Blong plastik
- k) Timbangan manual

Persyaratan peralatan menurut Standart Nasional Indonesia (SNI) 014104.3-2006 adalah semua peralatan dan perlengkapan yang digunakan dalam penanganan dan pengolahan tuna beku mempunyai permukaan yang halus dan rata, tidak mengelupas, tidak berkarat, tidak merupakan sumber cemaran jasad renik, tidak retak dan mudah dibersihkan. Semua peralatan dalam keadaan bersih, sebelum, selama dan sesudah digunakan.

Proses produksi pengolahan tuna mulai penerimaan bahan baku sampai penyimpanan di cold storage dilakukan secara berantai disajikan pada Gambar 2.3. berikut ini :



Gambar 2.3 Gambar proses produksi tuna loin  
( Sumber: <https://www.bi.go.id/id/umkm> )

Keputusan Menteri Kelautan dan Perikanan Republik Indonesia Nomor 52A/KEPMEN-KP/2013 tentang persyaratan jaminan mutu, dan keamanan hasil perikanan pada proses produksi, pengolahan dan distribusi menyatakan bahwa setiap pengusaha pengolahan ikan haruslah memenuhi beberapa syarat sebagai berikut:

1. Memenuhi persyaratan *hygiene* yang telah disyaratkan
2. menerapkan persyaratan dalam mencegah adanya bahaya biologi, kimia, dan fisik pada hasil perikanan yang diolah sesuai standar dan peraturan sesuai dengan spesifikasi produk
3. mempunyai program/prosedur yang diperlukan untuk memenuhi persyaratan yang ditetapkan dalam Keputusan Menteri ini
4. menerapkan persyaratan pengendalian suhu dengan menjaga rantai dingin hasil perikanan atau sesuai dengan spesifikasi produk

5. bekerjasama dengan otoritas kompeten sehingga memungkinkan petugas pengawas mutu dapat melakukan pengendalian sesuai dengan peraturan yang berlaku
6. memastikan bahwa karyawan yang menangani hasil perikanan telah disupervisi dan diarahkan dan/atau dilatih tentang persyaratan dan penerapan sanitasi dan higiene pangan sesuai dengan aktivitas ditempat kerjanya
7. memastikan bahwa karyawan mampu dan bertanggung jawab terhadap pengembangan dan pemeliharaan prosedur yang dipersyaratkan
8. memastikan bahwa karyawan yang menangani hasil perikanan tidak sedang menderita atau sebagai *carrier*/pembawa penyakit tertentu yang berpotensi mengakibatkan kontaminasi terhadap hasil perikanan.

Selain itu persyaratan higienis untuk kapal penangkap ikan yang akan melakukan pengolahan adalah sebagai berikut:

1. ketika digunakan, bagian-bagian dari kapal atau wadah untuk menyimpan hasil tangkap harus dijaga kebersihannya dan dijaga selalu dalam kondisi baik, sehingga terhindar dari kontaminasi bahan bakar dan air kotor
2. produk hasil perikanan harus dijaga dari kontaminasi, segera setelah diangkat ke geladak
3. air/es yang digunakan untuk pencucian dan pendinginan ikan harus memenuhi persyaratan air minum, bersih, atau memenuhi persyaratan negara tujuan
4. hasil perikanan harus ditangani dan disimpan sehingga terhindar dari kerusakan fisik (memar), apabila penanganan hasil perikanan menggunakan ganco untuk menangani ikan besar harus dijaga agar tidak melukai daging ikan
5. apabila ikan dipotong kepalanya dan/atau dihilangkan isi perut, maka kegiatan tersebut harus memenuhi persyaratan penanganan/pengolahan dan dilakukan secara higienis setelah penangkapan, serta produk harus dicuci segera dan menyeluruh dengan air yang memenuhi standar air minum atau air laut bersih atau memenuhi persyaratan negara tujuan. Isi perut dan bagian lain yang dapat mengakibatkan bahaya kesehatan harus segera disingkirkan
6. pembuangan kepala dan isi perut harus dilakukan secara higienis dan segera dicuci dengan air yang memenuhi standar air minum atau air laut bersih atau memenuhi persyaratan negara tujuan
7. hasil perikanan yang dibungkus dan dikemas harus dilakukan pada kondisi yang higienis untuk menghindari kontaminasi

8. bahan kemasan dan bahan lain yang kontak langsung dengan hasil perikanan harus memenuhi persyaratan hygiene, cukup kuat melindungi hasil perikanan, dan khususnya tidak boleh mempengaruhi karakteristik organoleptik dari hasil perikanan serta menularkan bahan-bahan yang membahayakan kesehatan manusia.

Sedangkan Menurut pernyataan pihak Biro Pengembangan BPR dan UMKM (2009), proses produksi ikan menggunakan teknik pemotongan loin yang hanya memerlukan teknologi pengolahan secara sederhana, sehingga fasilitas dan peralatan yang di perlukan dalam pengolahan ikan sangat sederhana seperti dibawah ini :

- a. Ikan yang baru masuk di timbang terlebih dahulu.
- b. Ikan disiangi dengan cara pembuangan sirip, insang, isi perut.
- c. Pembuatan daging dilakukan dengan cara membelah ikan tuna menjadi empat bagian secara membujur.
- d. Setelah tahap pencucian dengan menggunakan larutan mikrolin, pemotongan kepala Ikan dilakukan.
- e. Daging hitam yang ada pada loin dibuang hingga bersih.
- f. Ikan dicuci dengan hati-hati menggunakan air dingin / air es.
- g. Penyuntikan CO ke dalam tuna bertujuan untuk menambah / mempertahankan warna merah pada loin.
- h. Perapihan ulang
- i. Ikan yang sudah rapih selanjutnya dikemas dalam plastik secara individual.
- j. Ikan yang sudah di bungkus kemudian dimasukkan kedalam styrofoam yang terlebih dahulu dialasi dengan es curah disusun dengan rapi sambil ditutupi dengan es curah.
- k. *Styrofoam* yang berisi loin kemudian dimasukkan kedalam gudang beku (*Cold storage*).

Proses produksi usaha pengolahan tuna loin menghasilkan limbah padat dan limbah cair. Limbah padat berupa kepala dan isi perut ikan serta daging remahan (tetelan) sebagai sisa hasil proses produksi serta limbah cair berupa air pencucian proses produksi dan ruang produksi. Akan tetapi kedua jenis limbah tersebut tidak memberikan dampak negatif, mengingat proses pembuangan insang dan isi perut dilakukan nelayan ketika di laut. Insang dan isi perut yang dibuang ke laut dapat menjadi makanan bagi ikan-ikan predator. Sedangkan kepala, tulang dan remahan (tetelan) daging ikan masih bisa dimanfaatkan dijual ke rumah makan. Dalam proses produksi tuna loin tidak dibutuhkan banyak air, karena dalam prosesnya tuna dikeringkan dengan cara dilap dengan tissue. Air yang digunakan hanya untuk proses pencelupan tuna loin

dalam blong, mencuci peralatan proses dan membersihkan ruang setelah selesai produksi. Oleh karena itu, air sisa proses pengolahan tuna tidak menimbulkan bau menyengat atau menghasilkan polutan berbahaya.

## 2.7. Sistem Hibrida

Pada desain sistem penggerak kapal penangkap dan pengolah ikan ini menggunakan sistem hibrida yang mengacu pada sistem kombinasi antara *electric motor* dengan *diesel engine* sebagai penghasil daya kapal. Tujuan dari penggunaan sistem hibrid adalah untuk mengurangi emisi dari penggunaan mesin diesel. Adapun air laut yang akan dijadikan sebagai bahan bakar utama dari *fuel cell* akan melalui proses desalinasi yang menghasilkan air murni ( $H_2O$ ) kemudian dilakukan proses elektrolisis yang menghasilkan gas  $O_2$  dan  $H_2$  yang akan disimpan pada tangki untuk selanjutnya dialirkan ke *fuel cell* dan menghasilkan daya listrik untuk kapal.

Proses produksi gas hidrogen dari air laut dibagi menjadi tiga, yakni:

### 1) Proses Desalinasi

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

### 2) Proses Elektrolisis

Proses 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).

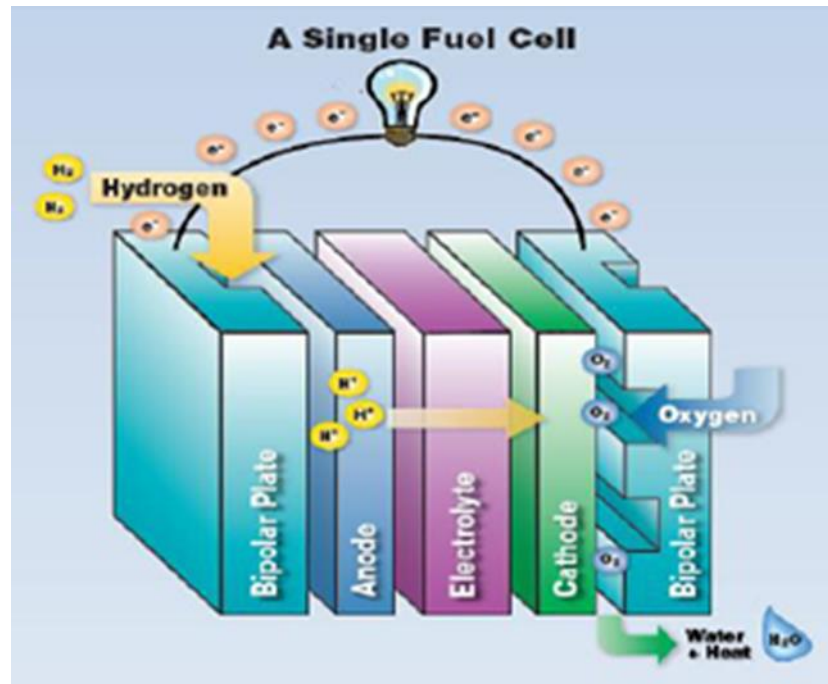
### 3) Proses Kompresi

Dikarenakan pada keadaan standar/suhu ruangan (STP) sifat dari gas hidrogen memiliki densitas sangat rendah yaitu hanya  $\rho H_2 = 0,08988 \text{ kg/m}^3$ , maka pada umumnya penyimpanan gas hidrogen dalam wujud gas berada pada kisaran tekanan 150-350 bar atau lebih.

## 2.8. Fuel Cell

*Fuel cell* adalah suatu alat elektrokimia yang secara langsung mengkonversi energi kimia yang terdapat dalam *fuel cell* menjadi energi listrik. Alat ini menggunakan suatu kombinasi antara bahan bakar yang dapat berupa hidrogen, propana, butana, metanol, ataupun bahan bakar diesel dengan oksigen. Bahan bakar dan oksigen tersebut direaksikan melalui elektroda-elektroda dan melewati elektroli konduktif ion (Riadi, 2013).

Prinsip kerja *fuel cell* adalah proses elektrokimia di mana hidrogen dan oksigen digunakan sebagai bahan bakar. Komponen utama *fuel cell* terdiri dari elektrolit berupa lapisan khusus yang diletakkan di antara dua buah elektroda. Proses kimia yang disebut pertukaran ion terjadi di dalam elektrolit ini dan menghasilkan listrik serta air panas. *fuel cell* menghasilkan energi listrik tanpa adanya pembakaran dari bahan bakarnya, sehingga tidak ada polusi. Skema kerja dari *fuel cell* dapat dilihat pada gambar 2.4.



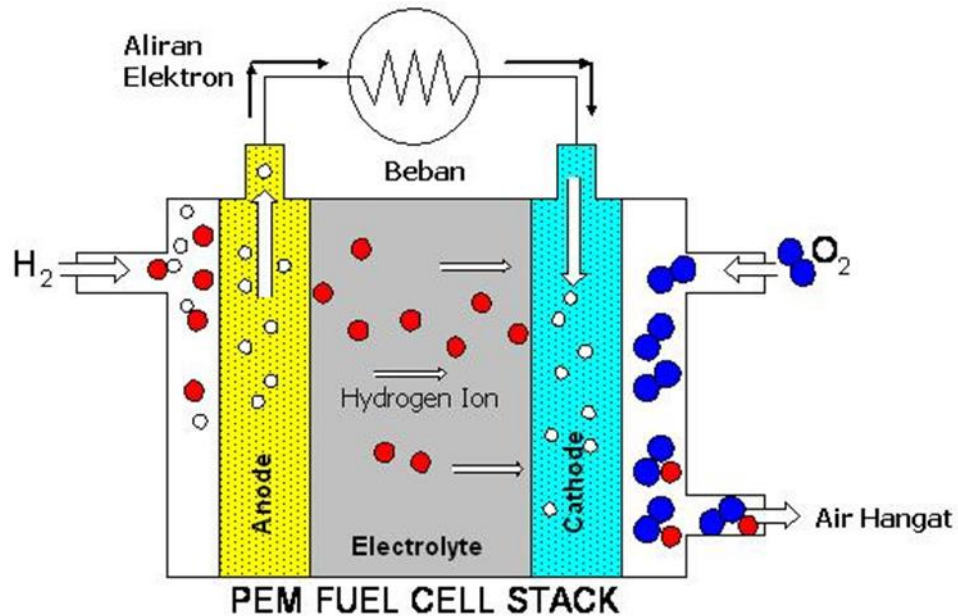
Gambar 2.4 Gambar skema kerja *fuel cell*  
 Sumber: [www.kajianpustaka.com](http://www.kajianpustaka.com)

Tingginya efisiensi kerja yang sangat baik pada *fuel cell* dikarenakan 50-70% bahan bakar yang digunakan akan dikonversi menjadi energi listrik, bahkan hingga mencapai 90% jika dilakukan *heat recovery*. *Fuel cell* dapat diaplikasikan dalam berbagai jenis aplikasi yang menggunakan energi seperti dalam *cell phones*, *personal computer*, *power station* seperti pada rumah sakit, gedung perkantoran, sekolah dan juga pada kendaraan transportasi. Secara umum, *fuel cell* dapat diklasifikasikan menjadi beberapa jenis. Pengklasifikasian *fuel cell* tersebut berdasarkan elektrolit yang digunakan dan *temperature* operasi, Klasifikasi dari *fuel cell* tersebut.

Jenis *fuel cell* atau bisa disebut sel bahan bakar yang digunakan yaitu *Proton Exchange Membrane* (PEM). PEM memiliki sebuah lapisan membran *solid polimer* sebagai elektrolitnya. Sel bahan bakar PEM adalah sel bahan bakar yang paling banyak dikembangkan penggunaannya untuk transportasi. PEM bekerja pada daya 1 kW per liter volumetrik dan menghasilkan tenaga listrik pada temperatur operasi kerja dibawah 100°C (212° F). Sel bahan bakar PEM bereaksi



dengan cepat dalam perubahan kebutuhan energi listrik (mampu menyuplai beban mendadak) dan tidak mudah bocor dan mengakibatkan korosi. PEM merupakan kandidat untuk penggunaan ringan, bangunan, serta aplikasi yang lebih kecil lagi diantaranya pengganti baterai. Prinsip kerja PEM dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Prinsip kerja PEM *fuel cell*  
 Sumber: (Hirschenhofer, 2000)

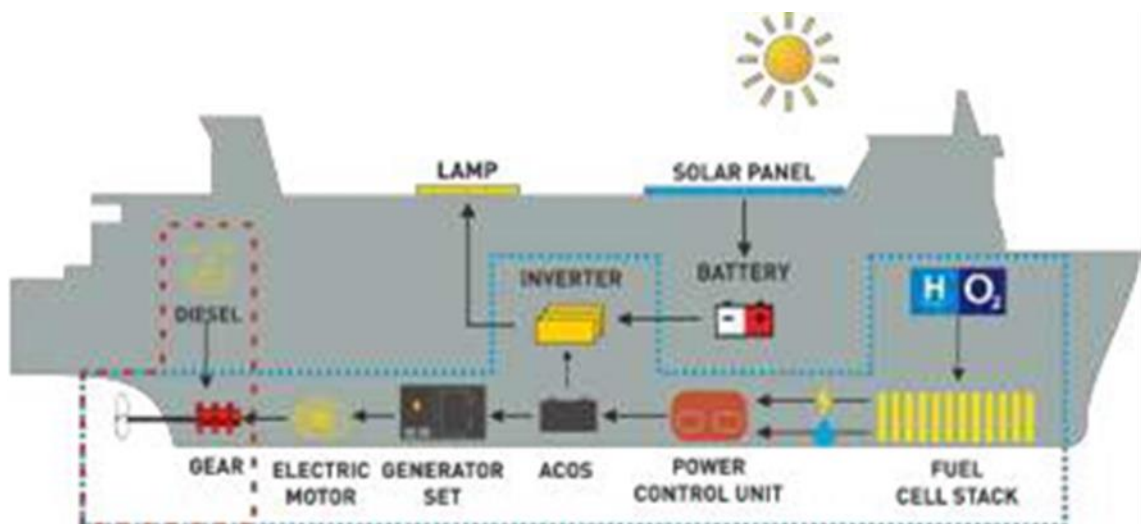
*Stack* suatu *fuel cell* PEM terdiri dari dua buah elektroda, anoda dan katoda. Keduanya dipisahkan oleh *Polymer Electrolyte Membrane*(PEM). Setiap elektroda dilapisi dengan *platinum-based catalyst*. Sebagai bahan bakar digunakan gas hidrogen bertekanan dan dilewatkan ke anoda (-). Sebagai oksidan digunakan oksigen yang diambil dari udara dan dialirkan ke katoda (+) dengan menggunakan kompresor. Akibat adanya katalis platinum, molekul Hidrogen terpecah menjadi dua proton dan dua elektron. Arus elektron ini dialirkan melalui rangkaian listrik agar menghasilkan arus listrik. Proton akan menembus lapisan membrane, dan bergabung di katode dengan elektron dan oksigen dari udara membentuk airbersih. Dari proses ini dihasilkan panas dan air bersih.

Setelah mengetahui proses elektrolisis yang terjadi pada PEM fuel cell stack, berikut merupakan serangkaian proses *hydrogen fuel cell* pada kapal:

- Kapal menggunakan Gas H<sub>2</sub> sebagai sumber energinya, dimana Gas H<sub>2</sub> ini didapatkan dari proses desalinasi yang menghasilkan air murni/(H<sub>2</sub>O) kemudian dilakukan proses elektrolisis yang menghasilkan gas O<sub>2</sub> dan H<sub>2</sub>. Gas H<sub>2</sub> kemudian disimpan dalam Gas H<sub>2</sub> *Storage* dalam bentuk tangki silinder. Dari tangki ini, Gas

H<sub>2</sub> akan dialirkan ke *fuel cell stack*. *Fuel cell stack* ini merupakan tempat terjadinya reaksi kimia antara gas H<sub>2</sub> dan Oksigen dari udara bebas untuk menghasilkan energi listrik. Hasil dari reaksi kimia tersebut adalah dihasilkannya listrik arus searah (*Direct Current/DC*) dan Air (H<sub>2</sub>O) sebagai sisa pembakaran sehingga tidak menimbulkan emisi gas buang. Energi listrik akan terus dihasilkan selama gas H<sub>2</sub> dan Oksigen dialirkan ke *Fuel cell stack*.

- Listrik DC kemudian dialirkan ke *Power Control Unit (PCU)*. *Power Control Unit* ini berfungsi sebagai pengatur distribusi untuk kebutuhan daya penggerak kapal, penyimpanan (baterai) dan inverter.
- Untuk pemindahan penggunaan sumber listrik dari diesel ke hidrogen atau sebaliknya bisa menggunakan *ACOS (Automatic Change Over Switch)* yang merupakan suatu piranti sistem listrik yang berfungsi untuk mengatur proses pemindahan sumber listrik dari sumber listrik yang satu (utama) ke sumber listrik yang lain (cadangan) secara bergantian yang sesuai dengan perintah program.
- Selanjutnya sumber listrik dari ACOS dapat digunakan untuk menggerakkan generator set hidrogen, serta sebagian energi listrik DC dialirkan ke inverter.
- Dikarenakan generator set yang digunakan adalah generator set hidrogen yang menggunakan energi listrik sebagai penggerakannya, maka energi listrik disalurkan ke motor listrik terlebih dahulu untuk diubah menjadi energi mekanik.



Gambar 2.6 Ilustrasi Skema *Hybrid KMP TWINS*  
 Sumber: (Agustin, 2017)

Kapal penyeberangan dengan sistem penggerak hibrida pada Gambar 2.6 diberi nama “KMP TWINS” menggunakan tiga jenis hibrida dalam sistem geraknya, yaitu *hydrogen fuel*

*cell*, *solar panel cell*, dan mesin diesel. Tenaga penggeraknya berupa “*a proton exchange membrane fuel cell*” yang merubah hidrogen menjadi listrik. “*Solar Panels*” akan mengumpulkan sinar matahari dan merubahnya menjadi listrik. Juga kapal ini dilengkapi dengan mesin diesel. Mesin diesel, tenaga hidrogen dan solar panel akan digunakan secara bergantian dalam pengoperasiannya. (Agustin, 2017)

## **2.9. Emisi**

Emisi gas buang dari kapal telah diatur dalam Lampiran VI MARPOL 73/78 Tahun 2006 “Peraturan tentang pencegahan pencemaran udara dari kapal”, dimana emisi adalah setiap pelepasan bahan-bahan dari kapal ke atmosfer atau laut harus tunduk pada pengawasan pada aturan ini.

Konsep pengembangan kapal yang ramah lingkungan bisa ditinjau dari tiga aspek yaitu pertama, aspek pengembangan energi alternatif yang menggantikan atau mengurangi fungsi bahan bakar fosil dalam menggerakkan motor kapal; kedua, aspek pengembangan sistem penggerak kapal (motor dan baling-baling) yang tidak mencemari lingkungan laut; dan ketiga, pengembangan badan kapal yang bisa memperkecil tahanan kapal dan memperbaiki olah gerak kapal. Dalam rancang bangun kapal yang ramah lingkungan ketiga aspek tersebut menjadi bahan pertimbangan yang penting sekaligus menjadi fokus perhatian dalam merancang kapal ikan yang ramah lingkungan, hemat bahan bakar dan berkinerja yang baik. (Utama, 2012)

Kawasan Kontrol Emisi adalah kawasan dimana diterapkan aturan khusus terkait dengan emisi dari kapal yang diperlukan untuk mencegah, mengurangi dan mengendalikan pencemaran udara dari NO<sub>x</sub> atau SO<sub>x</sub> dan bahan lainnya atau ketiga tipe emisi diatas dan keberadaannya berdampak bagi kesehatan manusia dan lingkungan. (Peraturan Presiden nomor 29, 2012)

## **2.10. Analisis Ekonomis**

Analisis biaya pembangunan dilakukan dengan membagi komponen biaya pembangunan menjadi dua kelompok biaya, yaitu 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 beberapa komponen yaitu 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 (aluminium) kapal yang dibutuhkan dikalikan dengan *unit price* dari material (aluminium) itu sendiri. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal,

perhitungannya dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya investasi dan biaya operasional kapal. Biaya investasi terdiri dari biaya material kapal, biaya peralatan dan perlengkapan kapal, biaya permesinan kapal, dan *non-weight cost*. Sedangkan biaya operasional kapal terbagi menjadi dua, yaitu biaya tetap (biaya penyusutan kapal, biaya bunga modal, biaya asuransi kapal, biaya ABK) dan biaya tidak tetap (biaya BBM, biaya pelumas, biaya perbekalan dan perlengkapan, biaya air tawar, biaya *repair, maintenance, and supplies*).

## **2.11. Teori Desain**

Desain merupakan kegiatan mendesain sesuatu, dibedakan menjadi dua berdasarkan latar belakang dari sesuatu yang didesain, yang pertama yaitu *invension* yang merupakan eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk yang baru atau sebuah produk yang belum pernah ada sebelumnya. Latar belakang yang kedua adalah '*inovation*' yaitu sebuah pembaharuan atau rekayasa desain terhadap produk yang sudah ada sebelumnya. Proses desain merupakan proses yang berulang dimana seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang-ulang agar didapatkan hasil yang dianggap paling maksimal. Biasanya sebuah desain dalam pembuatannya melalui tahapan-tahapan tertentu dimana dijelaskan pada teori *Spiral Design* bahwasanya terdapat empat tahapan dalam mendesain, yaitu *concept design, preliminary design, contract design, dan detail design* (Aliffrananda & Aryawan, 2019).

### **2.11.1. Tujuan Desain**

Dalam proses awal melakukan desain kapal, diperlukan adanya latar belakang yang membentuk tujuan daripada dilakukannya desain kapal tersebut. Dalam hal ini, dilakukan desain kapal berdasarkan tujuan daripada kapal tersebut, serta kegunaan dari kapal tersebut yang digunakan sebagai acuan awal desainer dalam mendesain dan menentukan pilihan-pilihan menggunakan justifikasi teknis ketika mendesain. Selain itu, diperlukan pula data permintaan dari pemilik kapal mengenai kemampuan dan kapabilitas kapal, rute pelayaran, muatan dan kapasitas dari kapal. Data dari pemilik kapal ini yang nantinya akan diolah menjadi sebuah data kompleks yang digunakan untuk mendesain kapal (Aliffrananda & Aryawan, 2019).

### **2.11.2. Tahapan Desain**

Mendesain sebuah kapal merupakan hal yang amat jauh berbeda dibandingkan dengan mendesain benda-benda atau kendaraan lainnya. Desain kapal merupakan proses yang terus menerus diulang dan terjadi serta memiliki bagian-bagian yang berarti dalam setiap proses desainnya. Dalam hal ini berarti, setiap tahapan dalam proses desain kapal akan mengalami

proses koreksi terus menerus sampai kapal tersebut sempurna dan berhasil dibangun. Tahapan desain dibagi menjadi *Concept Design*, *Preliminary Design*, *Contract Design*, dan *Detail Design*. Keempat tahapan ini biasanya digambarkan dengan bentuk spiral sehingga dapat disebut dengan *Spiral Design* (Pribadi, Wahidi, & Baihaqi, 2018).

Konsep *Spiral Design* terdiri dari empat tahapan dimana setiap tahap terdiri dari beberapa bagian kerja yang berurutan dan berkesinambungan yang meliputi *owner requirement*, *propulsion and powering*, *lines plan*, *hydrostatic and bonjean curve*, *freeboard*, *hull and machinery arrangements*, *structure*, *lightship weight estimation*, *capacities*, *trim and intact stability*, *damage stability*, dan *building cost estimation*.

#### 1. Tahap *Concept Design*

Fase ini merupakan fase awal dari dimulainya desain kapal. Pada tahap ini permintaan pemilik kapal mengenai spesifikasi serta kapabilitas kapalnya berupa tonnase kapal, tipe kapal, kecepatan kapal, daerah pelayaran, dan jenis muatan diterjemahkan oleh desainer kapal dalam bentuk konsep. Perhitungan-perhitungan dalam fase ini masih berupa perhitungan secara umum dimana hanya berfokus pada batasan-batasan yang harus diperhatikan secara umum, seperti keselamatan kapal, kinerja kapal, dan faktor ekonomi pembangunan kapal.

#### 2. Tahap *Preliminary Design*

Tahap ini merupakan pengembangan dari tahap *Concept Design* dimana dengan menetapkan alternatif kombinasi desain dan perhitungan yang lebih jelas, sehingga pada akhirnya didapatkan gambaran utama kapal dan kecepatan dinasnya, begitupula daya motor yang digunakan, serta daftar sementara peralatan permesinan. Selama proses tahap ini, perancangan kapal dikembangkan untuk mendapatkan tahap tertentu untuk menjamin secara teknis bahwa semua persyaratan dalam perancangan kapal telah terpenuhi.

#### 3. Tahap *Contract Design*

Fase ini merupakan fase dimana dokumen kontrak pembangunan dan pembuatan kapal dibuat. Tujuan dari fase *Contract Design* ini adalah untuk mengembangkan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail termasuk didalamnya berupa estimasi akurat mengenai keseluruhan biaya pembuatan kapal. *Contract Design* biasanya menghasilkan satu set spesifikasi dan gambar, serta daftar peralatan permesinan yang dibutuhkan untuk pembangunan kapal. Pada praktiknya, fase ini bisa lebih dari satu putaran desain spiral, hal ini dikarenakan banyaknya faktor-faktor kepentingan dari pemilik kapal yang harus dikonsultasikan dengan desainer kapal. *General Arrangement Detail* juga

dikerjakan pada tahapan ini, dimana pada intinya produk dari tahapan ini adalah rencana kontrak dan spesifikasi yang menjadi acuan dalam pelaksanaan pembuatan kapal.

#### 4. Tahap *Detail Design*

Pada tahapan ini, gambar produksi kapal dan kebutuhan data lainnya semakin detail dan dikembangkan. Fase *Detail Design* disebut juga dengan *Final Design Stage*, dimana seluruh keputusan daripada perancangan telah dibuat dan dikonfirmasi dengan baik. Seluruh sistem yang dibutuhkan pada kapal telah diperinci, demikian pabrik pembuat yang diinginkan.

### 2.12. Tinjauan Teknis Desain Kapal

Dalam melakukan desain kapal, perlu diperhatikan pula hal-hal serta faktor-faktor teknis yang mempengaruhi desain kapal. Faktor-faktor tersebut meliputi jumlah muatan, gaya angkat air, hambatan, dan lain sebagainya. Faktor-faktor tersebut tidak boleh diabaikan dikarenakan berpengaruh terhadap penentuan ukuran utama kapal. Apabila ukuran utama kapal berubah, maka kapasitas kapal, hambatan dan faktor-faktor teknis lainnya juga akan mengalami perubahan. Maka dari itu, faktor-faktor teknis sangat penting untuk tetap diperhatikan selama melakukan desain kapal (Daoed & Kurniawati, 2018).

#### 2.12.1. Ukuran Utama Kapal

Perancangan kapal umumnya diawali dari penentuan ukuran utama kapal yang akan menjadi permulaan dalam melakukan desain kapal. Dalam hal ini, ukuran utama kapal digunakan untuk menghitung karakteristik badan kapal dan juga performa dari kapal tersebut. Penentuan ukuran utama kapal dapat diperoleh menggunakan data kapal pembanding, atau menggunakan cara lain. Pada pengerjaan Tugas Akhir ini, penentuan ukuran utama kapal awal berdasarkan *layout* awal kapal yang mengikuti kebutuhan muatan kapal. Terdapat parameter-parameter dan istilah yang menjadi batasan dalam menentukan ukuran utama kapal, yaitu:

1. *Length Overall* merupakan panjang kapal secara keseluruhan dari bagian terluar depan kapal hingga bagian terluar belakang kapal diukur secara horizontal.
2. *Lpp (Length Between Perpendicular)* merupakan panjang kapal yang diukur secara horizontal antara poros kemudi (*After Perpendicular*) dan garis perpotongan antara linggi haluan dengan sarat kapal (*Fore Perpendicular*).
3. *Bm (Breadth Moulded)* merupakan lebar terbesar kapal diukur pada bidang tengah kapal. Untuk kapal dengan bahan pembuat logam atau baja, *Bm* merupakan lebar diukur tanpa kulit.

4. H (*Height*) merupakan jarak vertikal dari atas lunas hingga sisi teratas dari geladak kapal
5. T (*Draught*) merupakan jarak vertikal dari atas lunas sampai ke permukaan air kapal.

### 2.12.2. Koefisien Bentuk Kapal

Koefisien bentuk kapal merupakan koefisien yang digunakan sebagai konstanta untuk perhitungan-perhitungan selanjutnya dalam analisis teknis berikutnya.

#### 1. Koefisien Blok (*C<sub>b</sub>*)

Koefisien blok adalah perbandingan antara badan kapal yang tercelup air dengan volume balok yang memiliki dimensi L x B x H kapal. Menurut Watson dan Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi *Froude Number* (Parsons, 2003). Seperti yang ditunjukkan pada persamaan (2.1) di bawah ini:

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

#### 2. Koefisien *Midship* (*C<sub>m</sub>*)

Untuk mendapatkan nilai *C<sub>m</sub>* pada desain awal, menurut Watson dan Gilfillan dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi *C<sub>b</sub>* (Parsons, 2003). Seperti pada persamaan (2.2) berikut:

$$CM = 1.006 - 0.0056CB - 3.56 \dots\dots\dots(2.2)$$

#### 3. Koefisien Prismatik (*C<sub>p</sub>*)

Koefisien prismatik adalah perbandingan volume badan kapal yang tercelup di dalam air dengan volume prisma yang memiliki luas penampang pada melintang kapal yang paling besar dan panjang L. *C<sub>p</sub>* dicari dengan perbandingan *C<sub>b</sub>* dan *C<sub>m</sub>* (Parsons, 2003).

$$CP = CB/CM \dots\dots\dots(2.3)$$

#### 4. Koefisien *Waterplan* (*C<sub>wp</sub>*)

Koefisien *Waterplan* merupakan perbandingan luar bidang air pada sarat dengan luas persegi yang memiliki dimensi *L<sub>wl</sub>* x B kapal. Untuk mendapatkan nilai *C<sub>wp</sub>* pada desain awal (Watson, 1998), dapat menggunakan rumus pendekatan melalui fungsi *C<sub>b</sub>* dengan persamaan,

$$CWP = CB / (0.471 + 0.551CB) \dots\dots\dots(2.4)$$

#### 5. *Load Center of Bouyancy* (*LCB*)

*LCB* merupakan letak memanjang dari titik apung (*bouyancy*). Nilai *LCB* dapat bernilai positif apabila terletak didepan titik tengah kapal (*midship*) dan bernilai negatif apabila terletak di belakangnya (Watson, 1998).

#### 6. *Displacement*

*Displacement* adalah berat air yang dipindahkan oleh badan kapal yang merupakan hasil konversi dari volume air yang dipindahkan menjadi satuan massa (ton) (Watson, 1998).

$$Volume\ Disp (\nabla) = L \times B \times T \times CB (m^3) \dots\dots\dots(2.5)$$

$$Disp (\Delta) = VolumeDisp (\nabla) \times \rho_{air\ laut} (ton) \dots\dots\dots(2.6)$$

### 2.12.3. Berat dan Titik Berat Kapal

Pada proses mendesain kapal, perhitungan berat dan titik berat kapal menjadi salah satu aspek yang penting dalam desain, karena menjadi salah satu batasan dalam menentukan ukuran utama. Selain itu, berat dan titik berat kapal dapat berpengaruh terhadap batasan desain lainnya seperti trim, stabilitas kapal, kekuatan kapal, dan sebagainya. Perhitungan berat pada kapal umumnya terbagi menjadi dua komponen utama, yaitu LWT (*Light Weight Tonnage*) dan DWT (*Deadweight Tonnage*) (Daoed & Kurniawati, 2018).

#### 1. Berat LWT

Berat LWT digolongkan menjadi beberapa bagian, yaitu:

##### a. Berat komponen baja kapal

Merupakan seluruh berat dari baja kapal yang menyusun lambung kapal atau daerah dibawah geladak utama, dan berat dari bangunan atas dan rumah geladak.

##### b. Berat komponen sistem kapal

Merupakan berat dari seluruh sistem yang ada di atas kapal meliputi berat sistem jangkar, sistem kelistrikan, sistem bongkar muat, dan berat sistem-sistem lainnya yang terdapat di kapal.

#### 2. Berat DWT

Terdiri atas beberapa komponen meliputi berat muatan, bahan bakar, berat air tawar yang dibawa, berat *provision*, berat kru diatas kapal, dan berat barang bawaan kru.

#### 3. Titik berat kapal

Titik berat benda adalah suatu titik pada benda dimana berat dari seluruh bagian benda berpusat pada titik tersebut. Konsep ini yang mendasari perhitungan titik berat kapal, dimana perhitungan titik berat kapal merupakan gabungan dari seluruh komponen benda yang ikut terapung bersama kapal. Dalam mencari titik berat kapal, terdapat dua jenis pendekatan dalam mengetahuinya, yaitu pendekatan dengan formula yang didapat dari



hasil penelitian dan eksperimen, serta pendekatan langsung terhadap bentuk dan ruang seperti persegi, persegi panjang, segitiga, dan lain sebagainya.

Titik berat kapal dibagi menjadi dua, yaitu titik berat secara memanjang serta titik berat secara melintang. Titik berat secara memanjang biasa disebut LCG (*Longitudinal Centre of Gravity*) dengan titik AP kapal sebagai titik acuan, dan untuk titik berat vertikal disebut VCG (*Vertical Centre of Gravity*) dengan *keel* sebagai acuan.

#### 4. Batasan berat dan titik berat

Kapal diharapkan memenuhi aspek yang sempurna dalam hal berat dan titik berat, hal ini dikarenakan berpengaruh terhadap aspek teknis lainnya. Kondisi yang ideal yang dimaksud adalah kondisi dimana kapal tidak mengalami trim yang berlebihan, serta memiliki kondisi yang seimbang (*evenkeel*), sehingga harus dilakukan pemeriksaan terhadap displasemen dan titik berat kapal.

##### a. Koreksi Displasemen

Merupakan koreksi yang digunakan untuk mengetahui selisih antara gaya apung dan gaya berat. Adapun batasan minimum dari harga selisih antara gaya apung dan gaya berat sebesar 10% dari harga gaya apung kapal.

##### b. Koreksi titik berat

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

#### 2.12.4. *Freeboard*

*Freeboard* atau lambung timbul merupakan selisih secara vertikal antara tinggi kapal (H) pada lambung dengan sarat kapal (T) atau garis air kapal, yang ditandai dengan *summer loadline* dan diukur pada kedua sisi bagian tengah kapal atau *midship*. *Freeboard* menjadi aspek penting dalam mendesain kapal dikarenakan *freeboard* menjadi daya apung cadangan kapal sehingga memiliki dampak terhadap keselamatan daripada kapal tersebut. Pada umumnya, dalam menghitung *freeboard*, menggunakan acuan ICLL. (Load Lines, 1966/1988 - International Convention on Load Lines, 1966, as Amended by the Protocol of 1988, 1988).

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

1. Kapal tipe A, adalah kapal yang memiliki kriteria:
  - Kapal yang didesain memuat muatan curah cair

- Kapal yang akses bukaan ke kompartemen yang kecil, serta ditutup penutup bermaterial baja yang kedap
  - Kapal dengan kemampuan menyerap air atau gas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh
2. Kapal tipe B, adalah kapal yang tidak memenuhi kriteria dari kapal tipe A.

#### **2.12.5. Trim**

Trim merupakan suatu keadaan dimana kapal yang miring secara memanjang dan ditandai dengan perbedaan sarat pada bagian depan kapal dan bagian belakang kapal. Hal ini terjadi dikarenakan titik berat kapal secara memanjang atau LCG dan titik gaya apung kapal secara memanjang atau LCB tidak terletak pada satu sumbu garis vertikal yang sama.

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 *Chapter 11 Parametric Design*, Michael G. Parsons, keadaan yang dapat ditoleransi pada saat mendesain kapal adalah trim kapal baik trim buritan maupun trim haluan, nilainya tidak boleh lebih dari  $\pm 0,5\% \cdot L_{wl}$  (International Maritime Organization (IMO), Consolidated Edition 2009).

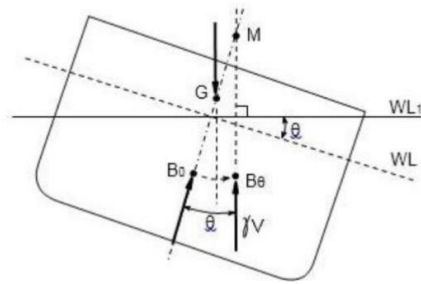
#### **2.12.6. Stabilitas Kapal**

Stabilitas kapal merupakan kemampuan kapal untuk kembali ke posisinya semula yaitu kesetimbangannya secara mandiri 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 praktiknya, gerakan *rolling* adalah yang paling sering terjadi pada kapal karena kapal lebih mudah untuk terganggu stabilitasnya secara melintang dibandingkan secara memanjang (Aliffrananda & Aryawan, 2019).

Pada konsepnya, stabilitas dibagi menjadi tiga kondisi, yaitu:

##### **1. Stabilitas Positif (*Stable Equilibrium*)**

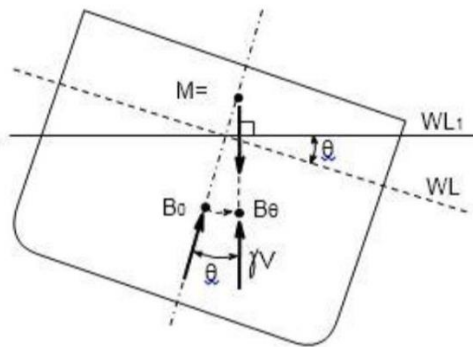
Suatu keadaan dimana titik G berada di bawah titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas yang bagus, sewaktu oleng dan memiliki kemampuan untuk menyetimbangkan badannya sendiri. Ilustrasi dari stabilitas positif dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7 Stabilitas Positif  
Sumber: (Nurwahyu & Aryawan, 2019)

## 2. Stabilitas Netral (*Neutral Equilibrium*)

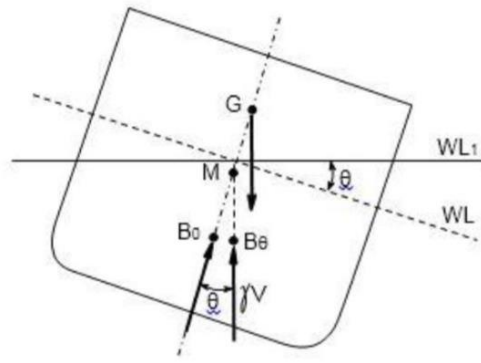
Suatu keadaan dimana titik G berhimpit dengan titik M, sehingga momen pengembali posisi kapal, atau momen penegak, yang memiliki stabilitas netral atau sama dengan nol, atau tidak memiliki kemampuan untuk menegak kembali sewaktu oleng. Kondisi Stabilitas netral dapat dilihat pada Gambar 2.8



Gambar 2.8 Stabilitas Netral  
Sumber: (Nurwahyu & Aryawan, 2019)

## 3. Stabilitas Negatif (*Unstable Equilibrium*)

Suatu keadaan stabilitas dimana titik G berada di atas titik M, sehingga sebuah kapal yang memiliki stabilitas yang negatif, sewaktu oleng, tidak memiliki kemampuan untuk kembali ke posisi setimbang, bahkan sudut oleng akan bertambah besar, yang menyebabkan kapal semakin oleng bahkan terbalik (*capsize*). Ilustrasi dari stabilitas negatif seperti pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Stabilitas Negatif  
Sumber: (Nurwahyu & Aryawan, 2019)

Kriteria stabilitas digunakan pada perhitungan mengacu pada *Intact Stability Code Chapter 3.1.*, yaitu:

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

Luasan minimum di bawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng  $30^\circ$  adalah 0.055 m.rad.

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

Luasan minimum dibawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng  $40^\circ$  adalah 0.09 m.rad.

3.  $e_{0\ 30,40^\circ} \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luasan minimum dibawah kurva lengan statis GZ sampai dengan sudut oleng  $30^\circ$ - $40^\circ$  adalah 0.03 m.rad.

4.  $h_{30^\circ} \geq 0.20 \text{ m}$

Lengan statis GZ pada sudut oleng  $\geq 30^\circ$  tidak boleh kurang dari 0.2 meter.

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

Tinggi jari-jari metasenter awal  $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

6.  $H_{\max} \text{ pada } \theta_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan statis GZ maksimum harus terletak pada sudut oleh  $\geq 25^\circ$

### 2.12.7. Biaya Pembangunan Kapal

Dalam proses mendesain kapal, terdapat dua aspek yang harus diperhitungkan, yaitu aspek teknis dan aspek ekonomis, dimana hasil analisis teknis dapat mempengaruhi perhitungan ekonomis, begitupula sebaliknya. Salah satu tujuan dari mendesain kapal adalah mampu untuk menghasilkan desain yang memenuhi persyaratan teknis serta mampu meningkatkan efisiensi pada aspek ekonomis. Aspek ekonomis dalam mendesain kapal dibedakan menjadi dua yaitu

biaya pembangunan yang merupakan biaya untuk membangun kapal, serta biaya operasional kapal yang merupakan biaya yang dikeluarkan untuk operasi kapal.

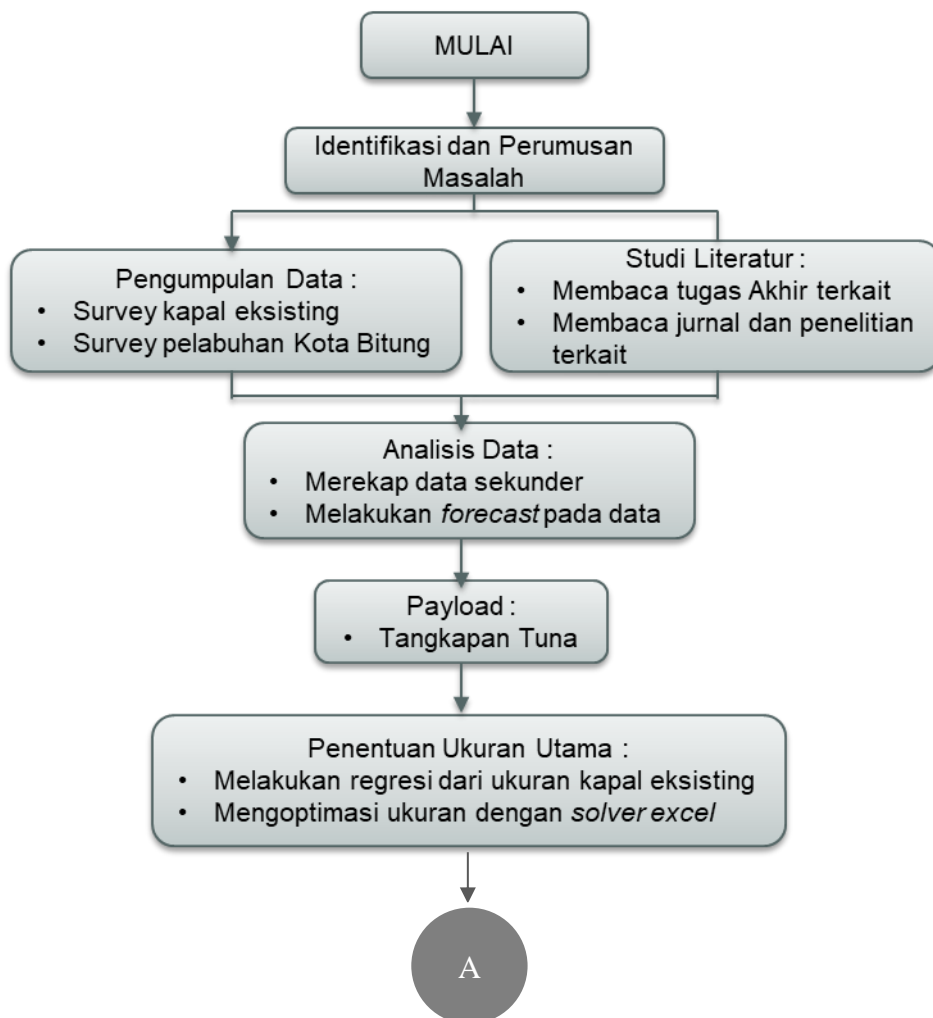
Pada dasarnya, biaya pembangunan kapal terdiri dari dua jenis biaya, yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tidak langsung (*indirect cost*). Biaya langsung adalah jenis biaya yang secara langsung dikeluarkan untuk pembangunan fisik kapal, antara lain pembelian material, permesinan, biaya pekerja, biaya peluncuran, dan sebagainya. Sementara biaya tidak langsung adalah biaya yang digunakan untuk kebutuhan kapal secara tidak langsung, seperti biaya desain, biaya asuransi, biaya garansi, pengiriman barang, dan sebagainya.

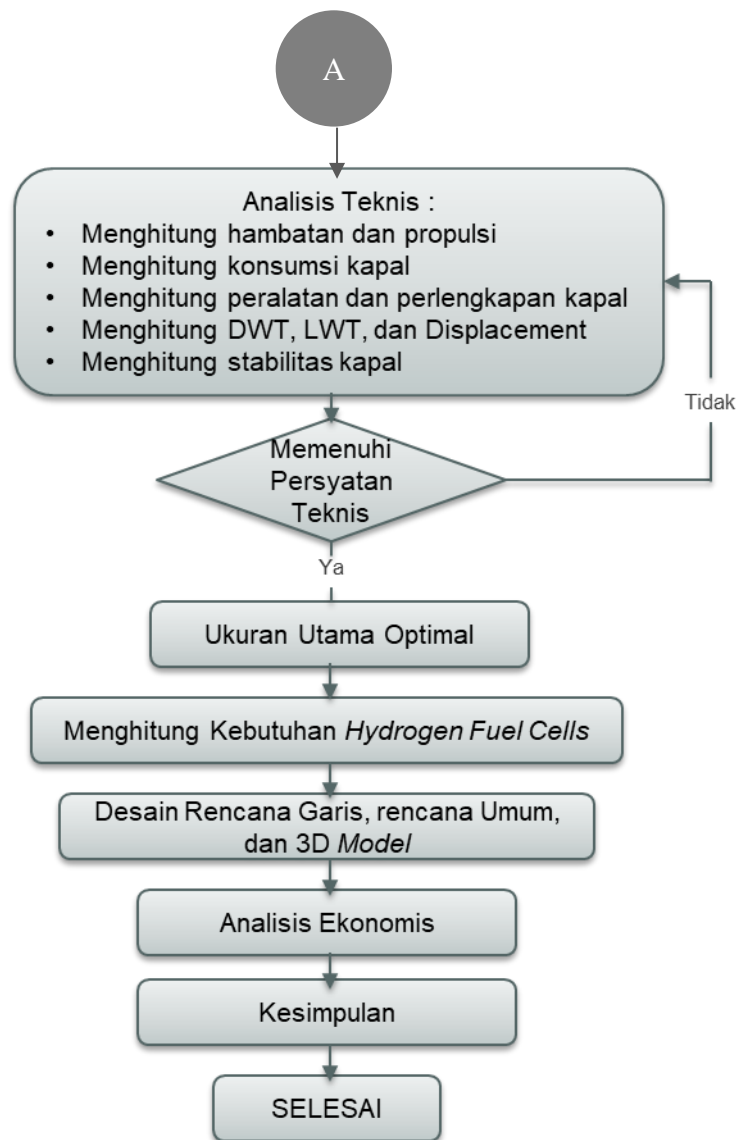
# BAB 3 METODOLOGI

## 3.1. Umum

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai urutan pengerjaan dari Tugas Akhir ini yang meliputi diagram alir dari pengerjaan, langkah dan urutan pengerjaan, data-data yang akan digunakan pada Tugas Akhir ini, serta tata cara dan metode yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini.

## 3.2. Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Diagram Alir Metodologi Pengerjaan

### 3.3. Langkah Pengerjaan

Pada tahap ini didefinisikan dan dijelaskan mengenai hal-hal yang dilakukan dari awal hingga akhir pengerjaan Tugas Akhir ini. Terdapat beberapa tahapan yaitu identifikasi dan perumusan masalah, lalu studi literatur, pengumpulan data, analisis dan pengolahan data, penentuan ukuran utama, analisis ekonomis, dan diakhiri dengan tahapan kesimpulan dan saran.

#### 3.3.1. Tahap Identifikasi dan Perumusan Masalah

Pada tahapan awal ini dilakukan identifikasi permasalahan berupa:

1. Berapa jumlah *payload* yang akan dimuat?
2. Bagaimana ukuran utama dari kapal?
3. Bagaimana sistem pengolahan ikan yang diterapkan pada kapal dan jumlah kebutuhan bahan bakar untuk sistem hibrida?

4. Bagaimana perhitungan teknis dari kapal?
5. Bagaimana bentuk Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), dan desain 3D dari kapal?
6. Bagaimana perhitungan analisis ekonomis yang sesuai untuk kapal?

### **3.3.2. Tahap Studi Literatur**

Pada tahapan ini dilakukan tinjauan pustaka terkait dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Materi-materi yang dijadikan pokok bahasan dalam studi literatur adalah:

1. Kapal ikan hibrida
2. Jenis alat tangkap tuna
3. Sistem pengolahan tuna
4. *Hybrid propulsion system*
5. *Hydrogen fuel cell*

### **3.3.3. Tahap Pengumpulan Data**

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan data secara langsung ( primer ) dan tidak langsung (sekunder). Sebagian data-data yang akan digunakan diperoleh dari hasil penelitian sebelumnya.

### **3.3.4. Tahap Analisis dan Pengolahan Data**

Pada tahapan ini dilakukan pengolahan dari data-data yang telah diperoleh, yaitu:

1. Penentuan payload kapal .
2. Penentuan jenis alat tangkap tuna.
3. Penentuan sistem pengolahan tuna.
4. Penentuan jumlah kebutuhan *hydrogen fuel cell*.
5. Perhitungan yang sesuai dengan aspek teknis desain seperti:
  - a. Rasio-rasio dari ukuran utama .
  - b. Koefesien utama .
  - c. Perhitungan komponen-komponen LWT dan DWT beserta titik beratnya.
  - d. Pemeriksaan benda terapung (*Displacement*).
  - e. Pemeriksaan sarat dan trim.
  - f. Pemeriksaan stabilitas.
  - g. Pemeriksaan *freeboard* dan *minimum bow height*.



- h. Pemeriksaan kesesuaian volume yang dibutuhkan (*payload*).

### **3.3.5. Tahap Penentuan Ukuran Utama dan Desain Awal**

Setelah dilakukan pengolahan data lapangan, pada tahap ini dilakukan pemodelan bentuk lambung dan rencana garis (*Lines Plan*) dengan bantuan *software* Maxsurf dan Autocad. Dari rencana garis nanti akan dilakukan perencanaan bentuk rencana umum (*General Arrangement*) dengan menggunakan *software* Autocad.

### **3.3.6. Tahap Analisis Ekonomis**

Pada tahapan ini dilakukan perhitungan untuk pembangunan kapal dan perhitungan ekonomis yang nantinya akan mengurangi biaya akomodasi dan operasional dalam penangkapan dan pengolahan ikan tuna.

### **3.3.7. Tahap Kesimpulan dan Saran**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan dari hasil *design*, hasil perancangan sistem bongkar muat, serta akan diberikan saran dan masukan untuk pengembangan penelitian desain untuk kedepannya.

## **BAB 4**

### **ANALISIS TEKNIS**

#### **4.1. Umum**

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai acuan-acuan dalam mendesain kapal yang meliputi penentuan *owner requirement*, penentuan ukuran utama kapal optimum, serta perhitungan teknis meliputi yaitu perhitungan hambatan, perhitungan berat baja, perhitungan peralatan dan perlengkapan, perhitungan titik berat, serta perhitungan trim dan stabilitas. Selain itu, terdapat subbab yang membahas mengenai *hybrid propulsion system*, desain kapal, serta perhitungan analisis ekonomis.

#### **4.2. Penentuan *Owner Requirement***

Dalam mendesain sebuah kapal terdapat ketentuan-ketentuan yang dijadikan acuan agar produk kapal yang didesain sesuai dengan tujuan yang diinginkan oleh pemilik kapal. Ketentuan-ketentuan ini tercantum dalam *owner requirement*. *Owner requirement* merupakan kumpulan dari spesifikasi dan ketentuan yang berasal dari pemilik kapal yang diberikan kepada desainer untuk dijadikan acuan dalam mendesain sebuah kapal. Sesuai dari fungsi kapal yang akan didesain yaitu menangkap dan mengolah ikan tuna, maka *Owner Requirement* dari kapal meliputi kapasitas tangkapan ikan tuna yang ditampung.

#### **4.3. Penentuan *Payload***

Dalam penentuan payload kapal yang didesain, dibutuhkan data jumlah hasil tangkapan ikan tuna di perairan Laut Sulawesi, Sulawesi Utara. Data tersebut digunakan menjadi salah satu dasar dalam penentuan kapasitas payload kapal. Untuk mendapatkannya, data jumlah hasil tangkapan ikan dalam satu tahun di rata-rata hasil per trip nya untuk satu kapal. Rata-rata dari hasil tersebut dipakai sebagai owner requirement dari kapal ikan ini.

Berdasarkan data statistik yang didapatkan dari Direktorat Jenderal Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan (Ditjen PSDKP) Kota Bitung, Sulawesi Utara, didapatkan jumlah hasil tangkapan ikan tuna di perairan Laut Sulawesi tiap perjalanannya. Dari data yang didapatkan terdapat 435 *round trip* perjalanan pada tahun 2019 dengan populasi 45 kapal, total tangkapan seluruh kapal sebesar 1965 ton dan total waktu pelayaran untuk keseluruhan kapal yaitu 5297 hari. Penentuan payload untuk kapal ikan tuna yaitu rata-rata penangkapan tiap

*round trip* berdasarkan total tangkapan untuk seluruh kapal dan jumlah hari pelayaran. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Persamaan 4.1 di bawah ini :

$$= \sum_{i=1}^n (K_i \times H_i) \dots\dots\dots(4.1)$$

Dimana :

$K_i$  = kapal ke-i

$H_i$  = Hari layer kapal ke-i

Berdasarkan perhitungan dari persamaan tersebut didapatkan tangkapan per hari yaitu 0,37 ton, rata-rata hari untuk tiap *round trip* yaitu 12 hari dan ditentukan *payload* kapal berdasarkan jumlah tangkapan per hari tiap kapal dikalikan jumlah hari untuk sekali *round trip* dengan hasil akhir sebesar 4,5 ton.

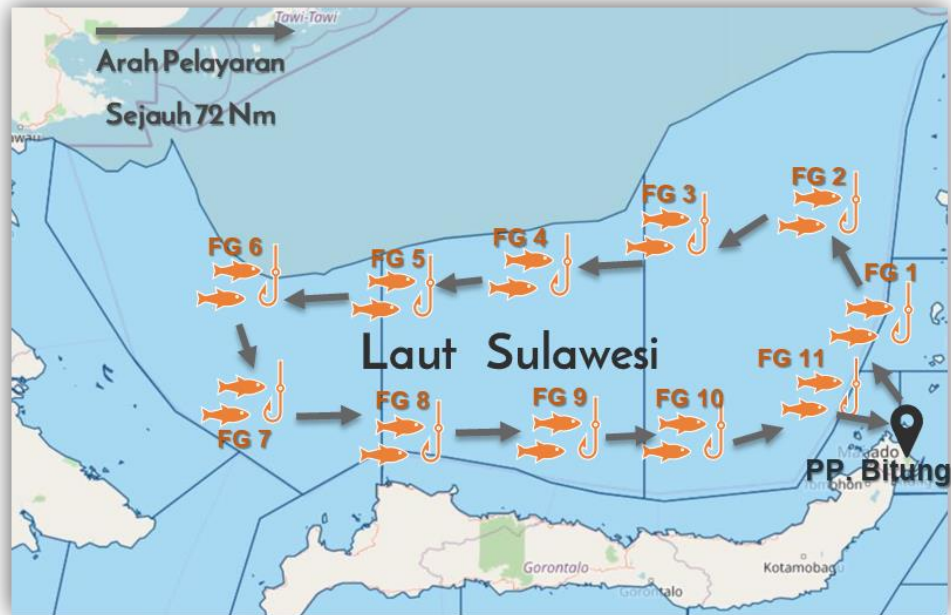
#### 4.4. Skema Operasional

Berdasarkan data statistik yang didapatkan dari Direktorat Jenderal Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan (Ditjen PSDKP) Kota Bitung, Sulawesi Utara, didapatkan rata rata waktu pelayaran untuk tiap *round trip* selama 12 hari. Dari waktu yang didapat, direncanakan kapal akan memancing pada 11 *fishing ground* dengan menempuh jarak pelayaran yakni sejauh 1600 kilometer atau setara 864 *nautical miles* di Laut Sulawesi dan waktu berlayar tiap hari selama 8 jam seperti tersaji pada Tabel 4.1 di bawah ini :

Tabel 4.1 Waktu dan Jarak Tempuh Operasional

Hari ke-	Rute	Jarak (Nm)	Waktu (Jam)
	<i>Round Trip 12 hari</i>	864	96
1	PP. Bitung - <i>Fishing Ground 1</i>	72	8
2	<i>Fishing Ground 1 - Fishing Ground 2</i>	72	8
3	<i>Fishing Ground 2 - Fishing Ground 3</i>	72	8
4	<i>Fishing Ground 3 - Fishing Ground 4</i>	72	8
5	<i>Fishing Ground 4 - Fishing Ground 5</i>	72	8
6	<i>Fishing Ground 5 - Fishing Ground 6</i>	72	8
7	<i>Fishing Ground 6 - Fishing Ground 7</i>	72	8
8	<i>Fishing Ground 7 - Fishing Ground 8</i>	72	8
9	<i>Fishing Ground 8 - Fishing Ground 9</i>	72	8
10	<i>Fishing Ground 9 - Fishing Ground 10</i>	72	8
11	<i>Fishing Ground 10 - Fishing Ground 11</i>	72	8
12	<i>Fishing Ground 11 - PP. Bitung</i>	72	8

Setelah mendapatkan waktu dan jarak tempuh operasional, selanjutnya dibuat skema operasional kapal selama 12 hari di Laut Sulawesi seperti terlihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Skema Operasional Kapal

Selama beroperasi kapal direncanakan melakukan kegiatan penangkapan dan produksi tuna loin di atas kapal. Proses penangkapan dan produksi tuna loin dibagi menjadi tiga, yakni:

1) Proses Penangkapan (*Fishing*)

Proses penangkapan tuna dilakukan di *main deck* bagian depan kapal dengan bantuan alat pancing berjenis tuna *handline*. Berdasarkan perhitungan pada Bab sebelumnya didapatkan rata-rata tangkapan ikan tuna per hari yaitu 0,37 ton atau setara dengan 8 ekor ikan dengan berat  $\pm 55$  kilogram per ekor. Setelah tuna tertangkap dan diangkat ke kapal, tuna langsung disimpan ke dalam *fish hold*. Proses penangkapan tuna dilakukan dengan durasi selama 4 jam pada tiap *fishing ground*.

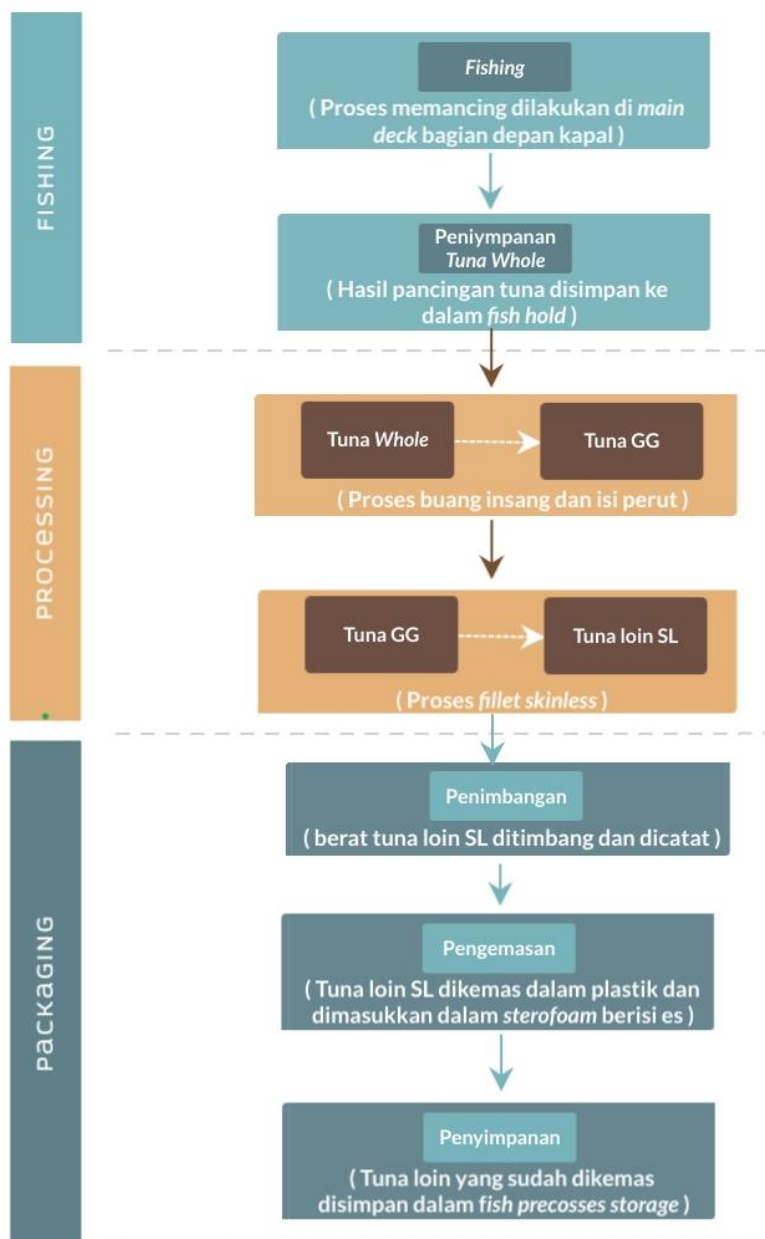
2) Proses Pengolahan (*Processing*)

Proses pengolahan ikan yang dilakukan yaitu proses pembuangan insang dan isi perut dari tuna *whole* menjadi tuna *gilled & gutted* (GG). Selanjutnya dilakukan proses dari tuna GG dibuat menjadi loin *fillet skinless* dengan cara di *fillet*. Proses pengolahan tuna dilakukan selama 4 jam dengan durasi pengolahan selama  $\pm 30$  menit per ekor.

### 3) Proses Pengemasan (*Packaging*)

Pada proses pengemasan tuna loin *skinless* ditimbang dan dicatat beratnya. Setelah itu dilakukan pengemasan dalam plastik, diikat dan dimasukkan dalam *sterofoam* berisi es untuk kemudian disimpan dalam *fish processed storage*.

Alur produksi menjadi tuna loin mulai penangkapan ikan tuna, pengolahan sampai dengan penyimpanan di *fish processed storage* dilakukan secara berantai disajikan pada Gambar 4.2 berikut ini :



Gambar 4.2 Alur Penangkapan Sampai Produksi Tuna Loin.

#### 4.5. Penentuan Ukuran Utama

Perencanaan ukuran utama kapal dilakukan menggunakan metode optimasi berdasar data statistik beberapa kapal pembanding dari Direktorat Jenderal Pengawasan Sumber Daya Kelautan dan Perikanan (Ditjen PSDKP) Kota Bitung yang telah dibangun dengan mempertimbangkan *payload* kapal yaitu sebesar 4,5 ton dan beroperasi di perairan Laut Sulawesi, Sulawesi Utara. Dari data kapal pembanding tersebut selanjutnya digunakan sebagai batasan (*constraints*) untuk menentukan nilai minimum dan maksimum dalam menentukan nilai variabel yang dicari dan sebagai batasan untuk rasio ukuran utama. Data kapal pembanding tersaji seperti pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Data Kapal Pembanding

No.	Nama Kapal	GT	Jenis Kapal	ukuran kapal
				P x L x D
1	Inka Mina 720	32	Penangkap	19.00 x 4.40 x 1.80
2	Inka Mina 925	32	Penangkap	18.00 x 4.50 x 1.60
3	Manado Permai 1	39	Penangkap	19.90 x 5.20 x 1.76
4	Mina Maritim 029	35	Penangkap	20.66 x 4.70 x 1.62
5	Nelayan 2017-981	36	Penangkap	17,30 X 4,30 X 2,00
6	Singkanaung 10	32	Penangkap	19,00 X 4,00 X 1,70
7	Tenggiri 15	33	Penangkap	16,64 X 4,20 X 1,95
8	Tenggiri 16	33	Penangkap	16,64 X 4,20 X 1,95
9	Tenggiri 2	33	Penangkap	17,85 X 3,95 X 2,00
10	Tenggiri 6	35	Penangkap	18,48 X 4,10 X 1,86
11	Pelangi 118	35	Penangkap	19,48 X 4,48 X 1,80

Dengan menggunakan ukuran utama dari data-data kapal pembanding diatas selanjutnya dilakukan perhitungan dengan metode optimasi menggunakan *solver excel* dengan data data *input objective, changing variable, dan constraint* :

Tabel 4.3 *Changing Variable*

Dimension	Value
L	18.61
B	3.95
T	1.16
H	1.65

Tabel 4.4 *Constraint 1*

Ratio	MIN	Dimension	MAX
L/B	3,5	4,71	10
L/H	8,12	10,21	15,48
B/H	1,47	2,38	2,38
B/T	1,8	3.4	5
L/T	10	16.02	30
T/H	0,7	0,7	0,8

Tabel 4.5 *Constraint 2*

Dimension	MIN	Dimension	MAX
L	16,64	16.617	20,66
B	3,95	3.95	5,2
H	1,6	1.65	2

Dengan menggunakan tujuan *objective function* meminimalkan hambatan kapal yang dirumuskan menggunakan metode Holtrop & Mennen. maka didapatkan ukuran utama kapal optimum yang dicari tersaji pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Ukuran Utama Kapal Optimum

UKURAN UTAMA DIAMBIL			
L	=	18.61	≈ 18.6 m
B	=	3.95	≈ 3.9 m
H	=	1.65	≈ 1.6 m
T	=	1,16	≈ 1,1 m

#### 4.6. Perhitungan Koefisien Kapal

Dari ukuran utama optimum yang telah didapatkan, kemudian dilakukan perhitungan koefisien bentuk kapal dengan pendekatan-pendekatan yang telah dijelaskan sebelumnya pada Bab 2. Dengan perhitungan pendekatan, maka didapatkan koefisien bentuk kapal seperti pada Tabel 4.7.

Tabel 4.7 Koefisien Bentuk Kapal

Nama	Nilai	Keterangan
Koefisien Blok (Cb)	0.618	
Koefisien Midship ( Cm)	0.979	
Koefisien Prismatic (Cp)	0.632	
Koefisien Waterplan (Cwp)	0.724	
<i>Longitudal Center of Bouyancy (LC B)</i>	9.08	meter dari AP
<i>Volume Displacement</i>	36.38	m <sup>3</sup>
<i>Displacement</i>	37.29	Ton

#### 4.7. Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan menggunakan metode Holtrop & Mennen dengan menggunakan persamaan 4.2. Perhitungan hambatan total adalah sebagai berikut:

$$\frac{1}{2} \rho V_s^2 S_{tot} [C_F(1+k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W \dots\dots\dots(4.2)$$

Dengan komponen sebagai berikut :

- CF = 0,002138
- ρ = 1,025 ton/m<sup>3</sup>
- Vs = 10 knot
- Stot = 95.503
- (1 + k) = 1.313
- CA = 0,0007
- Rw/W = 0,0142
- W = 365.836 N

Maka diperoleh hambatan total berdasarkan persamaan diatas yakni (RT) sebesar 5289.220 N = 5.289 kN. Setelah didapatkan hambatan total kapal maka selanjutnya dilakukan perhitungan propulsi/daya mesin yang dibutuhkan, yaitu BHP, ditentukan dengan persamaan 4.3.

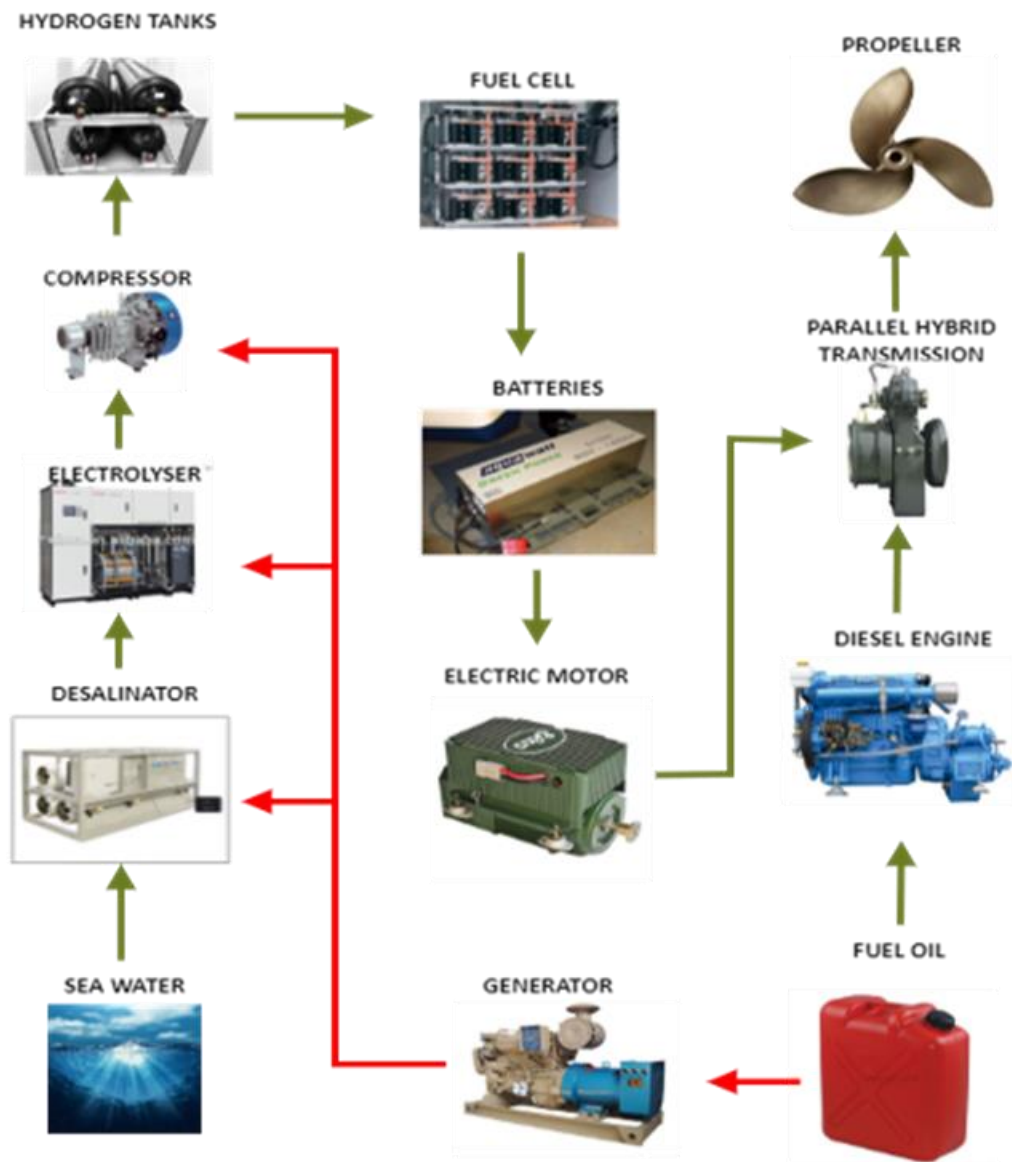
$$BHP = SHP / (\eta_T) \dots\dots\dots(4.3)$$

maka diperoleh nilai BHP sebesar 23.127 kW, diberikan koreksi MCR sebesar 15% dari BHP maka daya akhir kapal menjadi 27.208 kW atau 36.472 HP. Maka dipilih mesin penggerak elektrik (*electric motor*) dari Elco dengan power 40 HP setara dengan 29.8 kW.



#### 4.8. Desain *Hybrid Propulsion System*

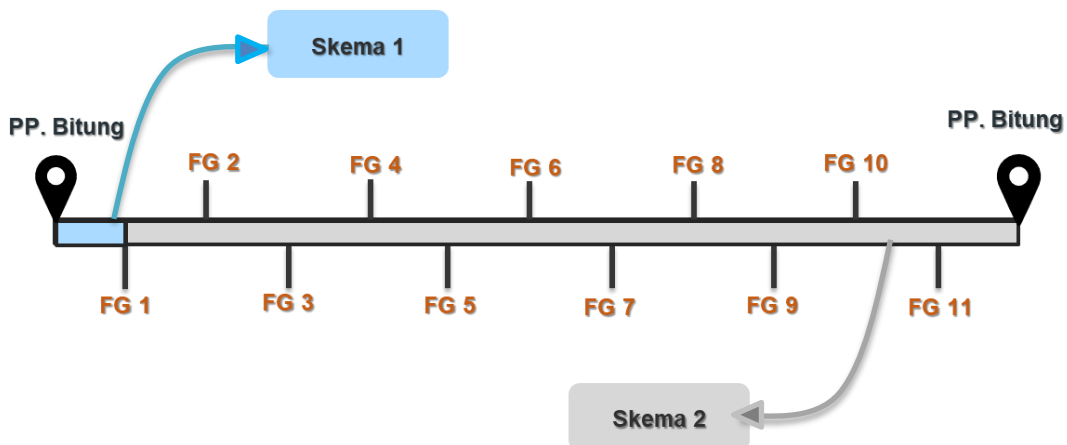
Penentuan *hybrid propulsion system* pada kapal yang akan didesain didasarkan beberapa analisis seperti sistem hibrida yang sudah diterapkan pada kapal *existing*, dapat menghasilkan daya besar yang dibutuhkan untuk memenuhi sistem propulsi kapal, dan dapat dioperasikan sepanjang hari tanpa tergantung pada kondisi cuaca. Dari hasil analisis, ditentukan sistem propulsi hibrida yang digunakan yakni menggunakan kombinasi antara *electric motor* dan *diesel engine* dengan memanfaatkan energi terbarukan berupa gas hidrogen yang diproduksi langsung di kapal didapat dari hasil pengolahan air laut yang dikonversi menjadi energi listrik melalui reaksi kimia yang terjadi di dalam *fuel cell*, khususnya jenis PEM-FC (*Proton Exchange Membrane Fuel Cell*) seperti yang sudah diterapkan pada kapal *Energy Observer* dan *Zero Emission Ship*.



Gambar 4.3 Alur *Hybrid Propulsion System*

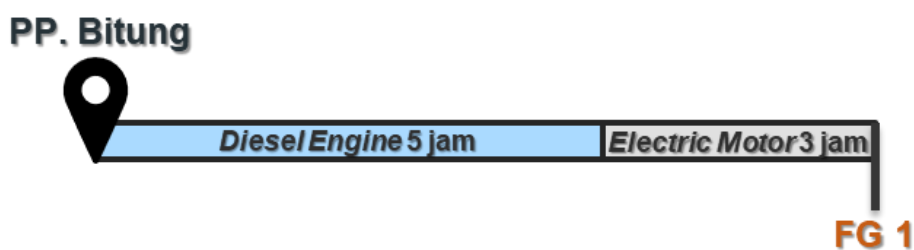
Seperti terlihat pada Gambar 4.3 bahwa *hybrid propulsion system* pada kapal menggunakan kombinasi antara *electric motor* dengan *diesel engine*. Kombinasi antara *electric motor* dengan *diesel engine* dapat menghasilkan daya yang dibutuhkan oleh *system propulsion*. Energi terbarukan berupa gas hidrogen yang diproduksi langsung di kapal didapat dari hasil pengolahan air laut yang 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 generator untuk menghidupkan kompartemen sistem hibrida.

Dalam perencanaan penggunaan *hybrid propulsion system* ini terdapat 2 skema pengoperasian seperti terlihat pada Gambar 4.4, yaitu:



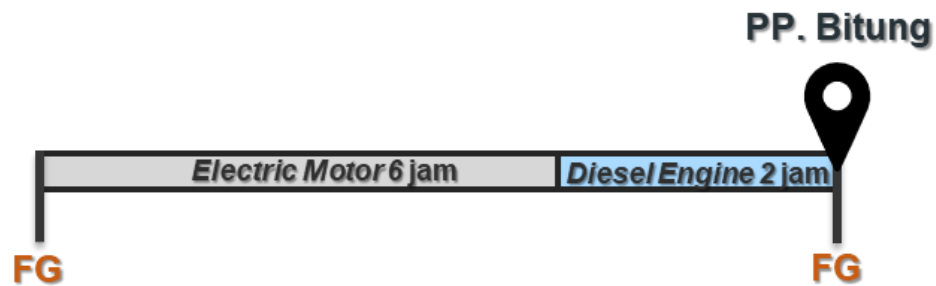
Gambar 4.4 Skema *Hybrid Propulsion System*

- a. *Electric motor + Diesel engine 1*, skema ini digunakan saat kapal mulai beroperasi dari pelabuhan menuju *fishing ground 1* membutuhkan daya pada *diesel engine*. Dikarenakan bahan bakar *Fuel cell* berupa gas  $H_2$  yang terdapat pada tangki kosong dan harus diisi terlebih dahulu melalui proses elektrolisis air laut selama 5 jam seperti terlihat pada Gambar 4.5.



Gambar 4.5 Skema *Hybrid Propulsion System 1*

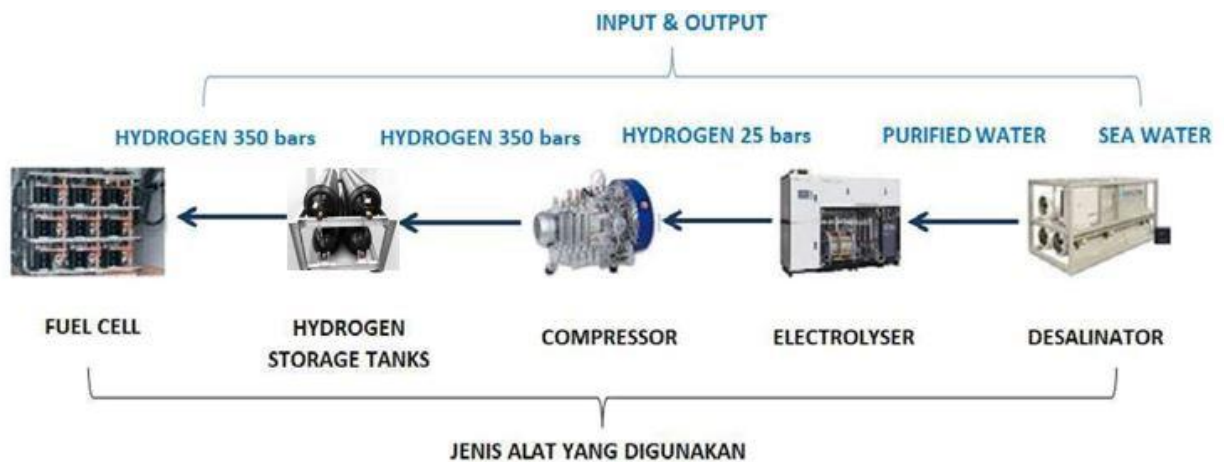
- b. *Electric motor + Diesel engine 2*, skema ini digunakan pada kondisi selama berlayar dari *fishing ground* menuju *fishing ground* dan PP. Bitung, untuk mengurangi konsumsi *fuel oil*, maka daya utama yang digunakan berasal dari *Fuel cell* selama 6 jam dan dikombinasikan dengan daya dari *diesel engine* selama 2 jam seperti terlihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Skema *Hybrid Propulsion System 2*

#### 4.9. Produksi Gas Hidrogen *On Board*

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 4.7.



Gambar 4.7 Skema Produksi Gas

Seperti yang sudah dijelaskan pada Bab 2 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  $\text{H}_2\text{O} \rightarrow 2\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2$ .

Gas hidrogen 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: (*University of Central Florida. The Florida Solar Energy Center (FSEC), 2014.*

- Hidrogen dalam bentuk gas terkompresi (tangki bertekanan tinggi 150-350 bar atau lebih)
- Hidrogen dalam bentuk cairan (tangki dengan suhu  $\pm -253^\circ \text{C}$  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

#### **4.10. Perhitungan *Hybrid System***

Setelah menentukan 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 daya untuk sistem penggerak di kapal yaitu sebesar 27.208 kW, dan dipilih PEM *fuel cell* dari SIEMENS dengan output power sebesar 34 kW. PEM *fuel cell* belum dapat menghasilkan daya apabila gas hidrogen masih dalam tahapan produksi, sehingga dibutuhkan tenaga listrik dari generator 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 *hybrid* sebagai berikut:

- a. Total kebutuhan gas hidrogen untuk *fuel cell* 34 kW = 11.3 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 17 kg/hari.

- b. 17 kg gas hidrogen akan disimpan didalam tangki komposit khusus yang memiliki tekanan sebesar 350 bar dengan kapasitas gas hidrogen sebesar 8.4 kg/tangki, maka dibutuhkan 3 tangki.
- c. Kompresor yang akan menaikkan tekanan gas hidrogen memiliki kapasitas debit hidrogen sebesar 13 m<sup>3</sup>/jam dan membutuhkan daya sebesar 5.5 kW, maka kompresor akan dioperasikan selama 1.18 jam, maka diperoleh daya yang dibutuhkan sebesar 6.48 kWh.
- d. ektroliser yang digunakan membutuhkan daya sebesar 30 kW, dengan kapasitas output gas hidrogen sebesar 6 m<sup>3</sup>/jam. Maka didapatkan durasi pengoperasian elektroliser 2.55 jam untuk dapat menghasilkan hidrogen dengan volume 15.312 m<sup>3</sup> yang selanjutnya akan dikompres untuk menaikkan densitasnya pada tekanan 350 bar. Maka daya yang dibutuhkan sebesar 75.56 kWh.
- e. Tanki H<sub>2</sub>O yang dibutuhkan berdasarkan perhitungan minimal mampu menampung sebesar 2 m<sup>3</sup> purified water
- f. Desalinator yang digunakan membutuhkan daya sebesar 5 kW serta memiliki kapasitas *output purified water* sebesar 1.575 m<sup>3</sup>/h, maka untuk pengisian penuh tangki H<sub>2</sub>O, desalinator akan dioperasikan selama 0.96 jam dan membutuhkan daya sebesar 4.8 kWh
- g. Tanki *seawater* yang diperlukan berdasarkan perhitungan minimal mampu menampung sebesar 3 m<sup>3</sup> air laut

Berdasarkan analisis total ditentukan kapasits generator sebesar 40.5 kWh dan kapasitas baterai yang dibutuhkan sebesar 29.8 kWh. Berdasarkan katalog baterai yang didapatkan, baterai memiliki daya 20 kWh, maka akan digunakan 2 baterai dengan total 40 kWh yang akan digunakan sebagai tenaga penggerak elektrik motor.

#### **4.11. Berat Lambung Kapal**

Pada perhitungan analisis teknis dihitung berat lambung kapal untuk mengetahui nilai komponen LWT kapal. Berat lambung kapal dihitung menggunakan bantuan *software maxsurf* 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 baja. Perhitungan berat pelat mengacu pada BKI (*Rules for Small Vessel up to 24 m*). Adapun

rekapitulasi dari perhitungan berat dan titik berat dari masing-masing komponen kapal terlihat pada Tabel 4.8.

Tabel 4.8 Perhitungan Berat Lambung kapal

<b>Perhitungan Berat</b>		
Perhitungan luasan, dihitung menggunakan <i>software Maxsurf</i>		
<b><u>1. Lambung</u></b>		
Luas	=	144,445 m <sup>2</sup>
Tebal	=	0,005 m
p Material Baja	=	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Berat	=	5,669 ton
VCG	=	0,996 m
LCG	=	10,000 m
<b><u>2. Geladak</u></b>		
Luas	=	48,952 m <sup>2</sup>
Tebal	=	0,005 m
p Material Baja	=	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Berat	=	1,921 ton
VCG	=	2,250 m
LCG	=	10,000 m
<b><u>3. Super Structure</u></b>		
Luas	=	105,592 m <sup>2</sup>
Tebal	=	0,005 m
p Material Baja	=	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Berat	=	4,144 ton
VCG	=	3,500 m
LCG	=	5,200 m
<b><u>4. Konstruksi</u></b>		
Berat konstruksi, menurut pengalaman empiris 20% -30% dari berat lambung kapal (diambil 25%)		
Sehingga,		
Berat	=	2,934 ton
<b><u>5. Total</u></b>		
Berat Total	=	14,669 ton
VCG	=	2,086 m
LCG	=	8,305 m
LCG= 5,61932239 m from AP		

#### 4.12. Perhitungan Berat Kapal

Komponen berat kapal yang akan didesain terdiri dari dua kelompok yaitu LWT dan DWT. Komponen LWT terdiri dari berat lambung kapal, berat permesinan (*diesel engine*, generator dan komponen *hybrid system*), serta berat *equipment & outfitting*. Komponen DWT terdiri dari *payload*, jumlah *crew* dan *consumables*. Adapun rekapitulasi dari berat dan titik berat dari masing masing komponen kapal dapat dilihat pada tabel 4.9.

Tabel 4.9 Perhitungan Berat Kapal

Komponen	Berat	LCG	KG
	(Ton)	(m dari AP)	(m)
LWT			
Lambung kapal	14,669	8,305	2,086
Equipment	0,9015	13,956	3,94967
Permesinan	11,465	6,12	1,43
DWT			
Crew	0,56	4,8	3,5
Barang Bawaan	0,105	3,2	3,5
Payload	4,5	21,6	1,5
Fuel Oil	0,35027	4	1,5
Fresh Water	0,595	4,4	1,5
Total	35,3959	9,358	1,601

#### 4.13. 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	= 37.290 ton
Berat total Kapal	= 35.396 ton
<i>Displacement</i>	= Berat kapal + <i>Margin</i> (2-10%)
<i>Margin</i> Kapal	= 5.35 %
Status	= <i>Accepted</i>

#### 4.14. Perhitungan *Freeboard*

Perhitungan *freeboard* atau 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 *BKI Volume VII Rules For Small Vessel up to 24 m Part 3 Special Ships*. Berikut seperti terlihat pada Gambar 4.8 merupakan perhitungan lambung timbul kapal.

Minimum freeboard for open and partially decked craft		Comment
Operation Category	Requirement	
IV - I	$F_b = 0,15 + 0,25 B$ [m]	(3) and (4)
<p>(1) In the case of outboard powered craft, the freeboard shall also be maintained when one person on board is near the outboard engine (attitude when starting the engine by hand)</p> <p>(2) The requirements when the craft is swamped in accordance with Section 5, A.11 shall be observed.</p> <p>(3) if operating exclusively in Operating Category V, decked craft may have freeboards as for open and partially decked craft.</p> <p>(4) Craft for operation in sheltered waters may on application be given a lower freeboard.</p>		

Gambar 4.8 Sketsa Perhitungan *Freeboard*

Sumber: BKI *Volume VII Rules For Small Vessel up to 24 m Part 3 Special Ships*

$$F_{b1} = 0.15 + 0.25 B$$

$$= 1,1375 \text{ m}$$

$$F_b = H - T$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

Dimana:

$$F_{b1} = \text{Freeboard kapal disyaratkan (m)}$$

$$F_b = \text{Freeboard kapal sebenarnya (m)}$$

$$H = \text{Tinggi kapal (m)}$$

$$T = \text{Sarat kapal (m)}$$

$$B = \text{Lebar kapal (m)}$$

$$\text{Kondisi} = F_b > F_{b1}$$

= *Accepted* (Lambung timbul sebenarnya harus lebih besar dari lambung timbul disyaratkan)

#### 4.15. Perhitungan *Gross Tonnage*

Pada tugas akhir ini dihitung GT (*Gross Tonnage*) kapal untuk mengetahui berapa volume ruang yang tertutup pada kapal meliputi volume dibawah geladak cuaca dan volume ruang tertutup diatas geladak cuaca. Perhitungan GT adalah sebagai berikut:

*Gross Tonnage*

$$V_h = \text{volume di bawah geladak cuaca}$$

$$= 40,30 \text{ m}^3$$

$$V_u = \text{volume ruang tertutup di atas geladak cuaca}$$

$$= V_{acc} + V_{nav}$$

$$= 124,343 \text{ m}^3$$

$$V = V_u + V_h$$



$$= 164,65 \text{ m}^3$$

$$K1 = 0,2+0,02\log V$$

$$= 0,2443$$

$$GT = V \times K1$$

$$= 40,228$$

#### 4.16. Perhitungan Stabilitas

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

Tabel 4.10 *Loadcase* Stabilitas Kapal

<i>Loadcase</i>	Kondisi				
	kosong	50%	penuh	berangkat	pulang
<i>Consumable</i>	0%	50%	100%	100%	5%
<i>Fuel Oil</i>	15%	50%	100%	100%	25%
<i>Fresh Water Tanks</i>	0%	50%	100%	100%	5%
<i>Sea Water Tank</i>	0%	50%	100%	100%	5%
<i>Purified Water Tank</i>	0%	50%	100%	0%	5%
<i>Higrogen Tank</i>	0%	50%	100%	0%	5%
<i>Fishing Hold</i>	0%	50%	100%	0%	100%

*Loadcase* pertama merupakan tahap awal produksi bahan bakar pada kapal yakni gas hidrogen dan masih belum terdapat payload. *Loadcase* yang kedua merupakan tahap pada saat proses penangkapan ikan, dimana sepanjang proses ini produksi hidrogen telah selesai dan tangki *seawater*, *purified water*, dan gas hidrogen selalu diusahakan dalam keadaan penuh untuk menjadi *back up* apabila daya dari baterai sudah habis. Selain itu dibuat juga *loadcase* dimana kondisi kapal berada dalam kondisi saat kapal berangkat dan pulang.

Setelah didapatkan *loadcase* seperti pada Tabel 4. 10, maka dilakukan analisis stabilitas dengan bantuan aplikasi *maxsurf* stability dan digunakan kriteria dari BKI (*Rules for Fishing Vessel*) yang mengacu pada *IMO A749(18) Code on Intact Stability Chapter 2*. Adapun diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 4.11 *Loadcase* Stabilitas Kapal

Data	Loadcase					kriteria	status
	penuh	50%	kosong	berangkat	pulang		
e0-30 <sup>0</sup> (m.deg)	0,093	0,11	0,1151	0,174	0,0911	≥ 0,055	ok
e0-40 <sup>0</sup> (m.deg)	0,149	0,176	0,1827	0,2814	0,1455	≥ 0,09	ok
e30-40 <sup>0</sup> (m.deg)	0,056	0,0658	0,0677	0,1074	0,0544	≥ 0,03	ok
max GZ at 30 or Greater(m.deg)	0,324	0,382	0,392	0,623	0,316	≥ 0,2	ok
Angle of Maximum GZ	34,5	34,5	34,5	37,3	34,5	≥ 25	ok
GM0 (m)	0,776	0,912	0,974	1,416	0,758	≥ 0,15	ok

#### 4.17. 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. Perhitungan trim mengacu pada *Parametric Design, Chapter 11* dan batas trim mengacu *Non Conventional Vessel Standards (NCVS) Chapter 2*. Trim terbagi dua yaitu :

- a. Trim haluan ( $T_a \leq T_f$ )
- b. Trim buritan ( $T_f \leq T_a$ )

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

$$L = 18.67 \text{ m}$$

$$\text{Vol. Disp} = 36.38 \text{ m}^3$$

$$B = 3.95 \text{ m}$$

$$KG = 1.60 \text{ m}$$

$$T = 0.8 \text{ m}$$

$$\text{LCG dr AP} = 9.795 \text{ m}$$

$$C_m = 0.979$$

$$\text{LCB dr AP} = 9.08 \text{ m}$$

$$C_b = 0.618$$

$$C_{wp} = 0.724$$

*Hydrostatic Properties*

$$\begin{aligned} KB/T &= 0.90 - 0.30C_m - 0.1C_b \\ &= 0.5445 \end{aligned}$$

$$KB = 0.44 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} CIT &= 0.1216 C_{wp} - 0.0410 \\ &= 0.0470 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IT &= CIT \cdot L \cdot B^3 \\ &= 53.9701 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{BMT} &= \text{IT}/\text{vol} \\ &= 1.48 \text{ m} \end{aligned}$$

CIL = *longitudinal inertia coefficient*

$$\begin{aligned} \text{CIL} &= 0.350 \text{ Cwp}^2 - 0.405 \text{ Cwp} + 0.146 \\ &= 0.0362 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{IL} &= \text{CIL} \cdot \text{B} \cdot \text{L}^3 \\ &= 924 \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} \text{BML} &= \text{IL}/\text{vol} \\ &= 25.39 \text{ m} \end{aligned}$$

GML = BML + KB - KG

$$= 24.23 \text{ m}$$

Trim = TA - TF

$$\begin{aligned} \text{Trim} &= (\text{LCG} - \text{LCB}) \cdot \text{L} / \text{GML} \\ &= - 0.066 \text{ m} \end{aligned}$$

Kondisi trim = Trim Haluan (karena jika nilai trim < 0 maka trim haluan; trim > 0 maka trim buritan; trim = 0 maka *even keel*)

Batasan Trim Maksimal  $\pm 0.3 \text{ m}$

Kondisi Total = OK ( karena kondisi trim < 0.3 m )

# BAB 5

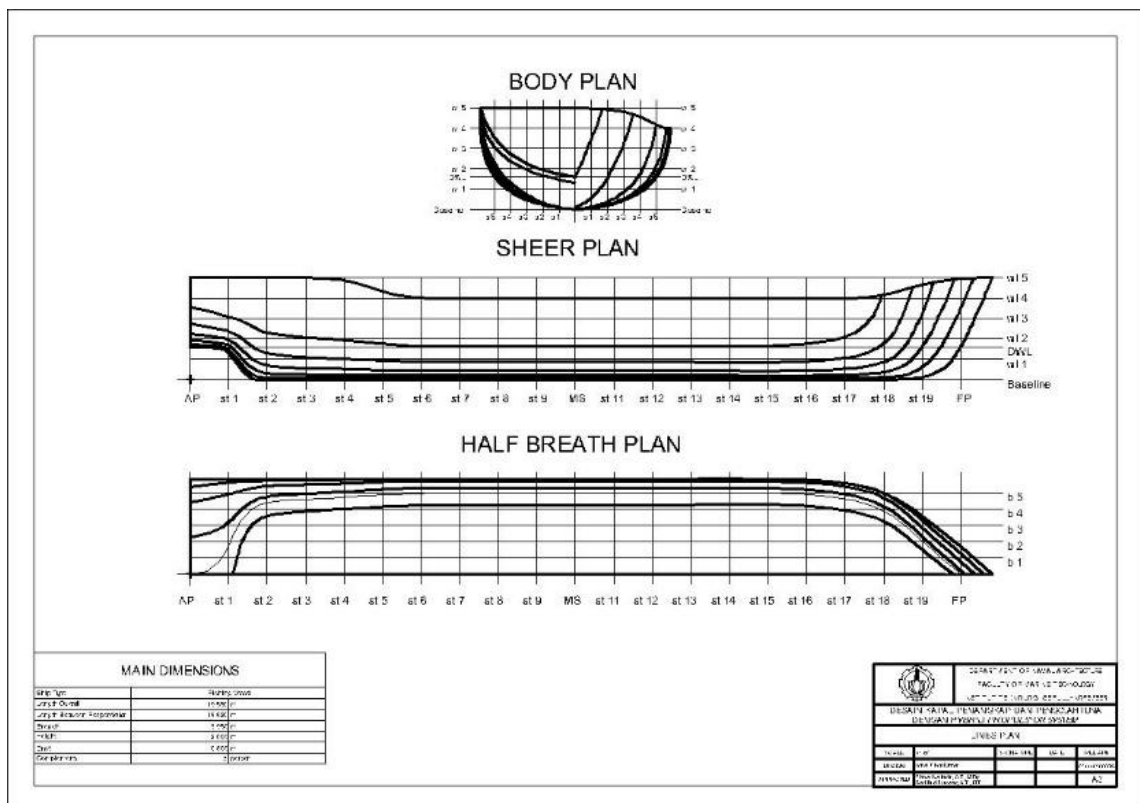
## DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN TUNA DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM*

### 5.1. Umum

Setelah dilakukan analisis teknis pada bab sebelumnya, maka pada bab ini akan dibahas mengenai desain kapal penangkap dan pengolah ikan tuna dengan *hybrid propulsion system*. Desain dari kapal ini meliputi gambar *fish processing room*, gambar *lines plan*, *general arrangement* dan *3D modelling*.

### 5.2. Rencana Garis (*Lines Plan*)

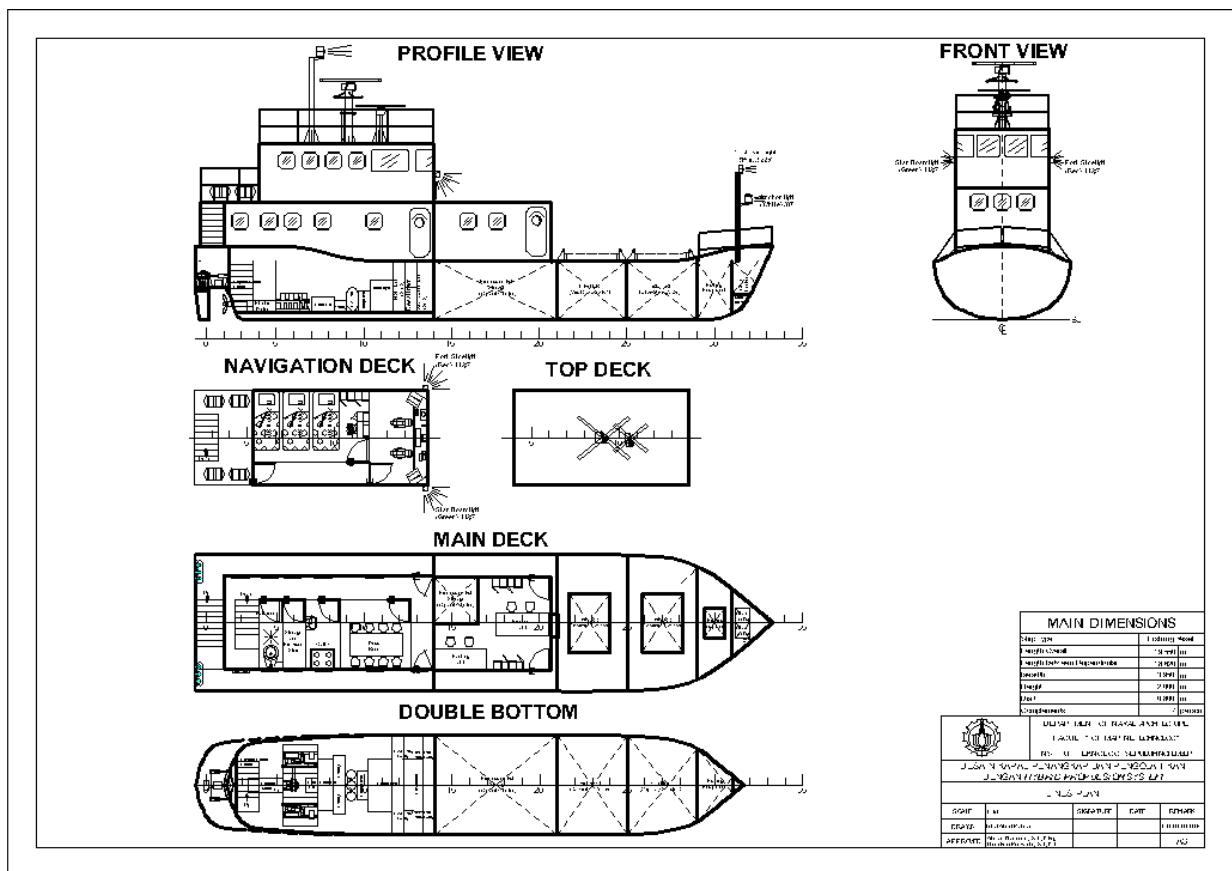
Pembuatan rencana garis / *lines plan* dilakukan dengan kombinasi *software maxsurf modeler* dan AutoCAD



Gambar 5.1 *Lines Plan*

### 5.3. Rencana Umum (*General Arrangement*)

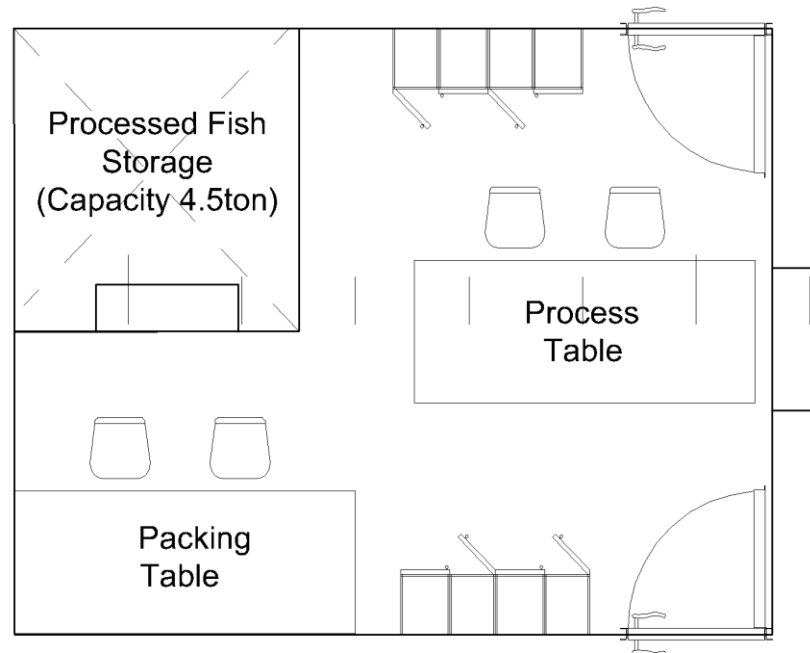
Pembuatan rencana umum / *general arrangement* dilakukan dengan bantuan *software* AutoCAD. Gambar rencana umum mengikuti desain rencana garis dan menyesuaikan beberapa ketentuan, seperti geladak akomodasi yang cukup untuk para awak kapal, jarak minimal lorong/*gangway* yang cukup untuk dilalui dua orang saat berpapasan ( $\pm 0.6$  m), luasan yang dibuthkan untuk *machinery spaces* dan juga *fishing hold* dan juga ketentuan lainnya. Gambar 5.2 berikut ini merupakan desain rencana umum dari kapal (gambar dengan ukuran kertas A3 dapat dilihat pada Lampiran E).



Gambar 5.2 *General Arrangement*

### 5.4. Fish Processing Room

*Fish processing room* merupakan fasilitas pada kapal untuk menunjang proses pengolahan tuna. Ruangan ini dikhususkan untuk melakukan pengolahan tuna dari *whole* tuna menjadi tuna *loin*. *Layout fish processing room* dapat dilihat pada Gambar 5.3.



Gambar 5.3 *Layout Fish Processing Room*

### 5.5. Permodelan 3D kapal

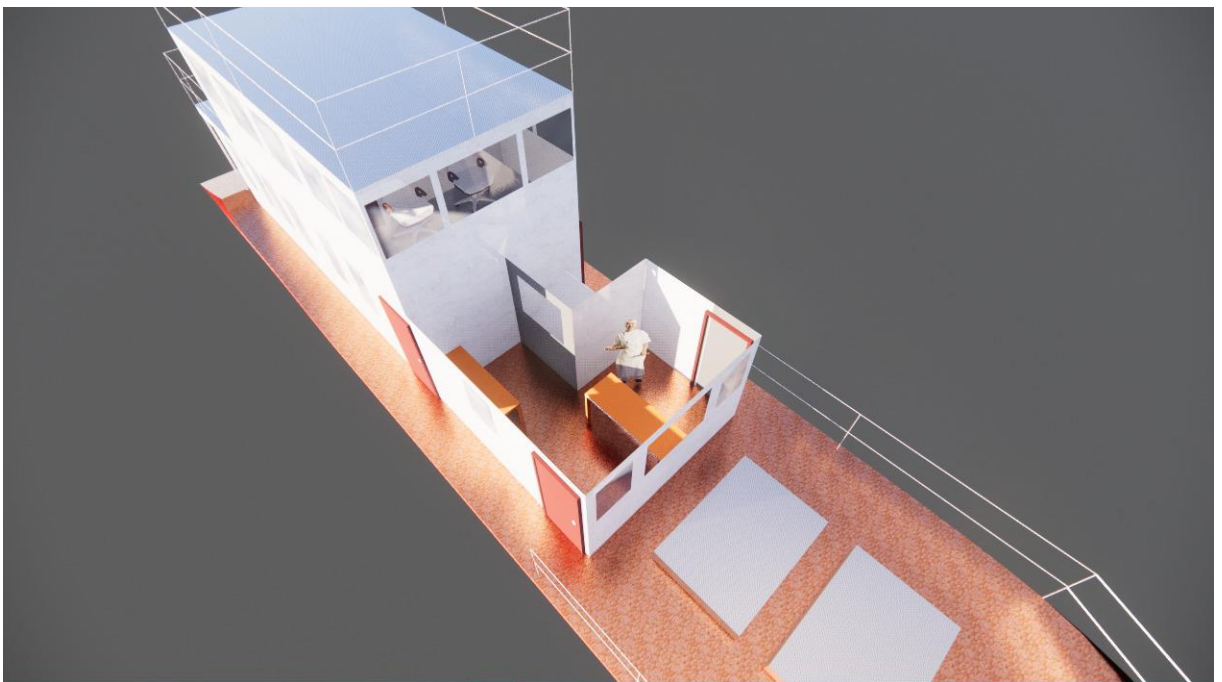
Setelah rencana garis dan rencana umum selesai didesain, maka permodelan 3D akan dibuat dengan mengembangkan bentuk lambung dari *maxsurf* yang akan diexport ke ekstensi file 3D pada aplikasi Rhinoceros. Gambar 5.4, Gambar 5.5, Gambar 5.6 dan Gambar 5.7 berikut ini merupakan dari permodelan 3D kapal ikan hibrida:



Gambar 5.4 Permodelan 3D Kapal Tampak Samping



Gambar 5.5 Permodelan 3D Kapal Tampak Belakang



Gambar 5.6 Permodelan 3D Ruang Pengolah Ikan



Gambar 5.7 Permodelan 3D Ruang Penyimpanan



## BAB 6 ANALISIS EKONOMIS

### 6.1. Umum

Setelah melakukan analisis teknis dan mendesain kapal berdasarkan standar/regulasi yang berlaku pada bab sebelumnya, maka pada bab ini dibahas mengenai analisis ekonomis dari kapal yang akan didesain berupa perhitungan total biaya pembangunan kapal, biaya operasional, proyeksi produksi dan pendapatan, *payback period*, *net present value*, dan *internal rate of return*.

### 6.2. Biaya Pembangunan Awal

Biaya pembangunan kapal didapatkan dengan cara membagi komponen biaya pembangunan menjadi tiga bagian utama yaitu pembangunan badan kapal dan konstruksinya, perabotan dan fasilitas kapal, permesinan dan tenaga penggerak. Pada setiap komponen yang dihitung kemudian dilakukan pendataan terkait kebutuhan atau peralatan yang terkandung didalamnya. Dari data yang telah didapatkan kemudian ditentukan jumlah kebutuhan dan pencarian harga tiap satuannya untuk mendapatkan harga total pembangunan. Setelah mendapatkan harga total kemudian dilakukan kalkulasi untuk mendapatkan harga total terhadap kurs rupiah. Pada subbab ini hanya ditampilkan rekapitulasi hasil perhitungan tiap komponen, mengenai perhitungan lebih rinci terdapat pada lampiran. Berikut adalah tabel rekapitulasi biaya pembangunan kapal.

Tabel 6.1 Rekapitulasi Biaya Pembangunan

<b>Rata-Rata Tingkat Inflasi Tahunan</b>	<b>2%</b>	
<b><u>Item</u></b>	<b><u>Biaya</u></b>	
1. Biaya <i>Structural</i>	Rp	188.811.339,63
2. Biaya <i>Machinery</i>	Rp	2.365.355.161,90
3. Biaya <i>Outfitting &amp; Equipment</i>	Rp	1.001.652.076,45
<b>a. Subtotal</b>	<b>Rp</b>	<b>3.555.818.577,98</b>
5. <i>Shipyard Profit Margin (20%)</i>	Rp	711.163.715,60
6. Inflasi (2%)	Rp	71.116.371,56
7. Biaya Pajak Pemerintah (10%)	Rp	355.581.857,80
<b>Total Biaya Pembangunan</b>	<b>Rp</b>	<b>4.693.680.522,93</b>

Tabel 6.2 Nilai Investasi Kapal

<b>NILAI INVESTASI</b>	
1. Biaya Pembangunan	Rp 4.693.680.522,93
2. Bunga pinjaman (9.6%)	Rp 290.078.322,71
<b>Nilai Investasi</b>	<b>Rp 4.983.758.845,64</b>

Didapatkan total biaya pembangunan kapal sebesar Rp 4.693.680.522,93 dan nilai investasi sebesar Rp 4.983.758.845,64.

### 6.3. Biaya Operasional

Untuk memenuhi biaya pembangunan kapal, maka dilakukan peminjaman uang kepada bank. Bank yang dipilih sebagai target untuk peminjaman uang adalah Bank Mandiri. Bank Mandiri memiliki ketentuan dalam kredit investasi, dengan ketentuan sebagai berikut:

1. Mempunyai *Feasibility Study*.
2. Mempunyai izin-izin usaha, misalnya SIUP, TDP, dan lain sebagainya yang sejenis.
3. Maksimum jangka waktu kredit 15 tahun dan masa tenggang waktu maksimum 4 tahun.
4. Maksimum pembiayaan bank sebesar 65% dan sisanya dibiayai oleh anggaran pribadi sebesar 35%.

Dari ketentuan tersebut, maka rincian mengenai kredit investasi kepada Bank Mandiri dapat dilihat di lampiran, dan untuk penjelasan pada subbab ini hanya menerangkan hasil rekapitulasi operasional, yaitu sebagai berikut:

Tabel 6.3 Rekapitulasi Biaya Operasional

<b>ANNUAL OPERATING COST</b>	
<b>BIAYA OPERASIONAL</b>	
Biaya Bahan Bakar Diesel	Rp 1.139.292.000,00
Biaya Air Bersih	Rp -
Biaya Kru	Rp 294.000.000,00
Biaya <i>Maintenance &amp; Repair</i>	Rp 232.434.553,45
Asuransi	Rp 46.486.910,69
Biaya Adminstrasi	Rp 1.000.000,00
Biaya Pemasaran	Rp 1.000.000,00
<b>BIAYA LAIN</b>	
Depresiasi	Rp 234.684.026,15
<b>Total Biaya Operasional</b>	<b>Rp 1.948.897.490,29</b>

#### 6.4. Proyeksi Produksi dan Pendapatan

Produksi tuna *loin* per bulan rata-rata sebanyak 2.500 kg, dengan komposisi *grade A* sebanyak 750 kg (30%), *grade B* sebanyak 1000 kg (40%), *grade C* sebanyak 750 kg (30%), dimana usaha ini diproyeksikan untuk dapat berproduksi secara optimal mulai bulan pertama hingga akhir sesuai umur proyek. Dengan harga rata-rata untuk *grade A* sebesar Rp 112.000,- per kg, *grade B* sebesar Rp 98.500,- dan *grade C* sebesar Rp 91.000,-; maka dapat diproyeksikan perolehan pendapatan untuk satu bulan produksi sebesar Rp 501.500.000,- atau sebesar Rp3.501.500.000,- per tahun. Tabel 6.4 menampilkan Proyeksi Produksi dan Pendapatan Proyek.

Tabel 6.4 Proyeksi Pendapatan

No	Produk	Volum e (Kg)	Harga Jual (Rp)	Penjualan 1 Bulan (Rp)	Penjualan 1 Tahun (Rp)
1	Total tuna loin per bulan	2500		Rp 501.500.000,00	Rp 3.510.500.000,00
2	Grade A (30 %)	750	Rp 112.000,00	Rp 168.000.000,00	Rp 1.176.000.000,00
3	Grade B (40 %)	1000	Rp 98.500,00	Rp 197.000.000,00	Rp 1.379.000.000,00
4	Grade C (30 %)	750	Rp 91.000,00	Rp 136.500.000,00	Rp 955.500.000,00

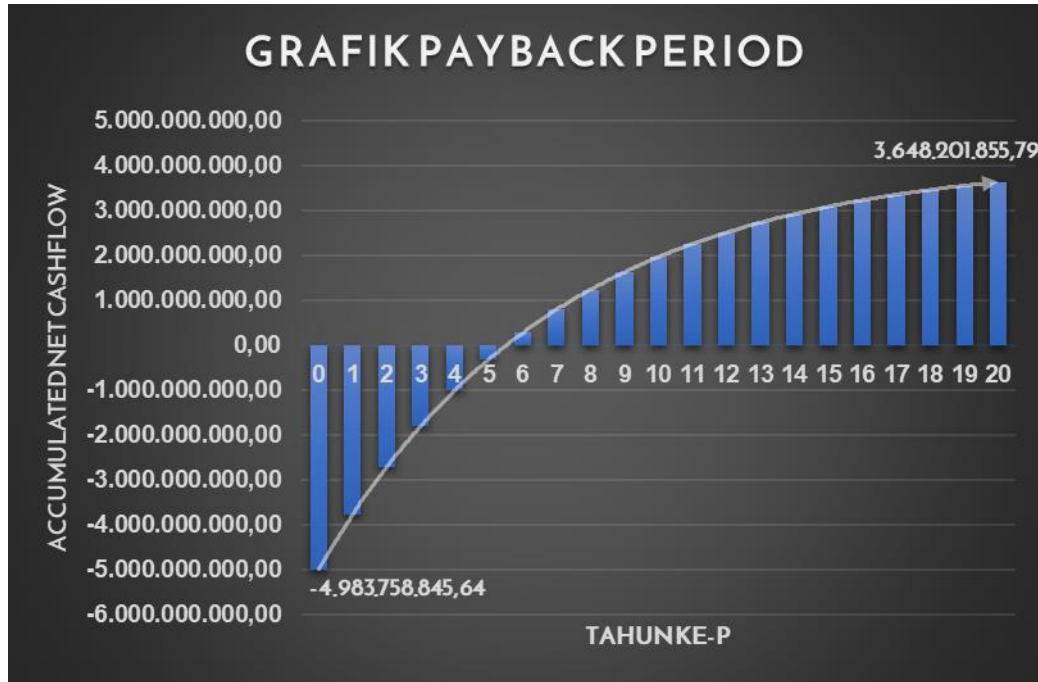
#### 6.5. Payback Period

Berikut merupakan rekapitulasi perhitungan *payback period* berupa tabel data dan grafik perhitungan angsuran serta bunga per tahunnya dengan proyeksi untuk jangka waktu investasi 16 tahun seperti terlihat pada Tabel 6.5 dan Gambar 6.1.

Tabel 6.5 Perhitungan *Payback Periode*

<b>PERHITUNGAN PAYBACK PERIODE</b>		
<i>Payback Period = P +  Accumulated Net Cashflow P /Net Cashflow P+1</i>		
Tahun ke- (P)	<i>Discounted Net Cashflow</i>	<i>Accumulated Net Cashflow</i>
0	-4.983.758.845,64	-4.983.758.845,64
1	1.218.793.490,22	-3.764.965.355,41
2	1.056.598.947,97	-2.708.366.407,45
3	915.988.923,31	-1.792.377.484,14
4	794.090.992,84	-998.286.491,30
5	688.414.989,38	-309.871.501,93
6	596.802.132,09	286.930.630,16
<b>PERHITUNGAN PAYBACK PERIODE</b>		

Tahun ke- (P)	<i>Discounted Net Cashflow</i>	<i>Accumulated Net Cashflow</i>
7	517.380.926,27	804.311.556,44
8	448.528.931,92	1.252.840.488,35
9	388.839.620,00	1.641.680.108,35
10	337.093.639,50	1.978.773.747,86
11	292.233.908,14	2.271.007.656,00
12	253.344.017,98	2.524.351.673,98
13	219.629.514,78	2.743.981.188,75
14	190.401.668,63	2.934.382.857,39
15	165.063.404,41	3.099.446.261,79
16	143.097.104,51	3.242.543.366,30
17	124.054.034,83	3.366.597.401,13
18	107.545.177,87	3.474.142.579,00
19	93.233.285,79	3.567.375.864,79
20	80.825.991,01	3.648.201.855,79
P =	Tahun terakhir kas kumulatif negatif	
P =	5	
Kas kumulatif P =		309.871.501,93
Arus kas P+1 =		596.802.132,09



Gambar 6.1 Grafik *Payback Periode*

Didapatkan *payback periode* yaitu **5 Tahun 6 Bulan dan 7 Hari**.

### 6.6. Net Present Value (NPV)

*Net Present Value* adalah perbedaan antara nilai sekarang dari arus kas masuk dan nilai sekarang dari arus kas keluar. Digunakan dalam penganggaran modal untuk menganalisis probabilitas investasi yang diproyeksikan dan bertujuan untuk mengukur seberapa besar nilai untuk *stakeholder*, proses *capital budgeting* dapat dilihat sebagai langkah untuk mencari investasi dengan nilai NPV positif (Ross, 2014). Perhitungan NPV dapat dilihat pada Tabel 6..

Tabel 6.6 Perhitungan NPV dan IRR

<b>PERHITUNGAN NPV DAN IRR</b>			
Nilai Investasi		Rp4.983.758.845,64	
Umur Ekonomis		20	
Tingkat Diskonto (i)		15,35%	
<i>Net Cashflow</i>		Rp1.405.885.908,43	
Tahun ke- (n)	<i>Net Cashflow</i> (Rp)	Faktor Diskonto	<i>Net Present Value</i> (Rp)
0	-4.983,76	1,000	-4.983,76
1	1.405,89	0,867	1.218,79
2	1.405,89	0,752	1.056,60
3	1.405,89	0,652	915,99
4	1.405,89	0,565	794,09
5	1.405,89	0,490	688,41
6	1.405,89	0,425	596,80
7	1.405,89	0,368	517,38
8	1.405,89	0,319	448,53
9	1.405,89	0,277	388,84
10	1.405,89	0,240	337,09
11	1.405,89	0,208	292,23
12	1.405,89	0,180	253,34
13	1.405,89	0,156	219,63
14	1.405,89	0,135	190,40
15	1.405,89	0,117	165,06
16	1.405,89	0,102	143,10
17	1.405,89	0,088	124,05
18	1.405,89	0,076	107,55
19	1.405,89	0,066	93,23
20	1.405,89	0,057	80,83
Penilaian Investasi:		<b>NPV</b>	<b>3.648,20</b>
		<b>IRR</b>	<b>28,01%</b>

Berdasarkan pada tabel 6.6, maka didapatkan bahwa nilai NPV positif, sehingga layak untuk dilakukan.

#### **6.7. 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 (Ross, 2014). Jika nilai IRR lebih besar daripada bunga pinjaman, maka investasi dapat diterima dan sebaliknya. Perhitungan IRR sama dengan perhitungan NPV, dan dibutuhkan variabel *interest rate* kedua yang berdekatan dengan *interest rate* yang pertama sebagai variabel perhitungan. Dari perhitungan, didapatkan persentase IRR sebesar 28.01%. sehingga skema investasi pada proyek ini dapat diterima.

## **BAB 7**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **7.1. Umum**

Bab ini berisikan hasil dari pengerjaan Tugas Akhir yang akan dijelaskan secara poin demi poin secara singkat yang menjawab tujuan dari pengerjaan Tugas Akhir, serta berisikan saran dan pengembangan untuk penelitian mengenai desain kapal untuk kedepannya atau pengembangan untuk penelitian di bidang perkapalan.

#### **7.2. Kesimpulan**

Setelah dilakukan perhitungan teknis dan ekonomis perancangan kapal penangkap dan pengolah ikan tuna dengan *hybrid propulsin system* diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. *Payload* kapal yang didapat sebesar sebesar 4,5 ton.
2. Ukuran utama optimum dari kapal penangkap dan pengolah ikan tuna dengan *hybrid propulsion system* yang didapat adalah:
  - a. *Lpp* : 18.62 meter
  - b. *Breadth* : 3.95 meter
  - c. *Draught* : 0.8 meter
  - d. *Depth* : 2 meter
  - e. *Speed* : 10 knot
3. Kapal memenuhi persyaratan teknis berupa *freeboard* dimana *freeboard actual* 1.2 m dan syarat minimum 0.196 m berdasarkan *NCVS-Indonesian Flagged*, trim dimana trim kapal sebesar 0.715 m sementara trim maksimal sebesar 0.930 m berdasarkan *Chapter 11 Parametric Design* , Michael G. Parsons, dan stabilitas untuk keadaan *extreme* muatan penuh dan muatan kosong memenuhi *criteria* IMO berupa luasan minimum kurva pada sudut 0-30°, 0-40 °, 30-40 °,  $GZ 30^\circ \geq 0.2$  m, sudut *GZ* maksimum  $\geq 25^\circ$ , nilai minimum *GM0*, nilai maksimum *steady heeling angle* dan nilai minimum perbandingan luasan lateral kapal diatas sarat yang dapat dilihat pada lampiran B.
4. Sistem propulsi hibrida yang digunakan pada kapal menggunakan kombinasi antara *diesel engine* dan *electric motor*. Jumlah bahan bakar yang dibutuhkan sistem propulsi hibrida untuk memenuhi sekali *round trip* yaitu sebesar 75 liter *fuel oil*.

5. Desain *Lines Plan* kapal penangkap dan pengolah ikan tuna dengan *hybrid propulsion system* dapat dilihat pada lampiran D. *General Arrangement* kapal dibagi menjadi *profile view*, *main deck*, *front view*, dan *upper deck* dapat dilihat pada lampiran E. Desain 3D kapal dibuat berdasarkan *general arrangement* dan dapat dilihat pada lampiran F.
6. Berdasarkan analisis ekonomis didapatkan biaya pembangunan kapal sebesar Rp 4.648.691.069, biaya operasional dalam satu tahun sebesar Rp 1.946.648.017 dan proyeksi pendapatan dalam satu tahun sebesar Rp 3.510.500.000. *Payback Period* didapatkan dengan pemakaian jasa selama 5 tahun, 6 bulan dan 7 hari. Persentase IRR sebesar 28.01%. dapat dilihat pada lampiran C.

### 7.3. Saran

Saran yang dapat diberikan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan analisis konstruksi dan kekuatan memanjang yang lebih mendetail, termasuk perhitungan berat baja;
2. Perlu dilakukan analisis lebih mendalam mengenai sistem kelistrikan antara komponen dan peralatan sistem hibrida pada kapal;
3. Perlunya dilakukan analisis ekonomis mendalam terkait kelayakan pembangunan kapal penangkap dan pengolah ikan tuna dengan *hybrid propulsion system*;
4. Perlunya dilakukan analisis perbandingan ekonomis antara biaya pengolahan ikan tuna *loin* pada kapal dan pada unit pengolahan ikan tuna *loin existing* di darat.



Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustin, Dwi, Desain Kapal Motor Penyebrangan Dengan Sistem Penggerak Hibrida Untuk Rute Ujung Surabaya-Kamal Bangkalan, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Perkapalan, FTK, ITS, Surabaya, 2017.
- Ardyansyah dkk. 2014. Kapal Energi *Hybrid* Ramah Lingkungan, Institut Pertanian Bogor, 2014.
- Argianto, R. A dan I. Winarno.2017. Rancang Bangun Pembangkit Listrik Tenaga *Hybrid* antara *Solar Cell* dan *Thermoelectric Generator* (TEG) sebagai Sumber Energi Listrik Di Kapal Nelayan. Seminar Nasional Kelautan XII. C2 : 22-31
- Baharuddin dkk. 2019. Desain Konfigurasi Sistem propulsi *Hybrid* Terhadap Pengurangan Konsumsi BBM Kapal Penangkap Ikan 30 GT, Jurusan Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin, Makassar, 2019.
- Beşikçi, E. Bal., T. Kececi, O. Arslan, O. Turan.2016. *An Application of Fuzzy-AHP to Ship Operational Energy Efficiency Measures*.Ocean Engineering
- Biro Pengembangan BPR dan UMKM. 2009. Usaha Pengolahan Ikan Tuna Loin. Jakarta: Bank Indonesia.
- Budiman, B. 2012. Analisis Sistem Usaha Perikanan Gillnet Millenium di Karangsong, Kabupaten Indramayu. Bogor: IPB.
- Erdinc, O. dan M. Uzunoglu.2012. *Optimum design of hybrid renewable energy systems: Overview of different approaches. Renewable and Sustainable Energy Reviews*.Elsevier. 16: 1412– 1425
- Fuel Cell Today. (2012). *The Fuel Cell Industry Review 2012*. Royston: Fuel Cell Today.
- Fyson, J. 1985. *Design of Small Fishing Vessels*. Farnham,England: Fishing News Books Ltd.
- Hadi dkk. 2008. Kajian Teknis Propeller -Engine Matching pada Kapal Ikan Tradisional dengan Menggunakan Motor Listrik *Hybrid* dari *Solar Cell* dan Genset Sebagai Mesin Penggerak Utama Kapal di Kabupaten Pasuruan Jawa Timur.
- Hantoro, Ridho, Simulasi Photovoltaic dan Kincir Angin Savonius Sebagai Sumber Energi Penggerak Motor Kapal Nelayan, Jurusan Teknik Fisika, Fakultas Teknologi Industri, ITS, Surabaya, 2011.

- Hendrayana.2017. Simulasi Sistem Hibrida Pembangkit Energi Surya, Angin, dan Generator Untuk Mengoptimalkan Pemanfaatan Daya Energi Terbarukan. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Teknik Elektro*. 1(1) : 26-43
- IMO. *Intact Stability Code, Intact Stability for All Types of Ships Covered by IMO Instruments*. London, UK : IMO.
- Irham, Edi, Perancangan Pembangkit Listrik *Hybrid* Pada Kapal Penangkap Ikan Menggunakan *Homer* di Selat Malaka, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Suska Riau, Pekanbaru, 2013.
- Kementerian Kelautan dan Perikanan . (2011). Laporan Produksi Perikanan. Jakarta: Kementerian Kelautan dan Perikanan.
- Kementerian Perhubungan.2009. *Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged*. Jakarta : Kementerian Perhubungan Republik Indonesia.
- L. Van Biert, M. Godjevac, K. Visser, P.V. Aravind, 2016, "A Review of Fuel Cell System for Maritime Applications".
- M. Iqbal and W. D. Aryawan , "Desain Kapal Ikan Hibrida Berbahan Dasar High Density Polyethylene Sebagai Penunjang Potensi Laut Provinsi Kepulauan Riau," *Jurnal Teknik ITS*, pp. G159-G165, 2019.
- Parsons, Michael G. 2001. *Parametric Design, Chapter 11. University of Michigan, Departement of Naval Architecture and Marine Engineering*.
- Riadi.(2013). *Fuel Cells*. Retrieved November 12, 2016 from Kajian Pustaka web site: <http://www.kajianpustaka.com/2013/10/fuel-cell.html>.
- Ridwan, Mohd, Peningkatan Kinerja Sistem Propulsi Kapal Penangkap Ikan Tradisional *Type Purseine 30 SD 90 GT* Menggunakan Sistim Propulsi *Hybrid*, Jurusan Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang, 2010.
- Suwandi, Agri, Perancangan *Gillnet Hauler* Bertenaga Penggerak *Hybrid* Untuk Kapal 5 SD 10 GT, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta, 2019.
- Utama, I.K.A.P. (2012). Studi Awal Pengembangan Kapal Ikan Katamaran dengan Penggerak Hybrid. Surabaya: Jurusan Teknik Perkapalan ITS.
- Volta Matondang, Alexander, Analisa Design dan Kajian Ekonomis Sistem Propulsi Elektris Ramah Lingkungan Pada Kapal Ikan 30 GT, Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, ITS, Surabaya, 2017.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.

## **LAMPIRAN**

Lampiran A	Data Ukuran Utama Kapal Tuna
Lampiran B	Perhitungan Analisis Teknis
Lampiran C	Perhitungan Analisis Ekonomis
Lampiran D	Desain Rencana Garis
Lampiran E	Desain Rencana Umum
Lampiran F	Model 3D

**LAMPIRAN A**  
**DATA UKURAN UTAMA KAPAL TUNA**

Nama Kapal	GT	ukuran kapal		Nama Perusahaan/Pemilik	Daerah Penangkapan	SIP/ SIKPI	
		P	L x D			No. SIP/ SIKPI	
Inka Mina 720	30	19,00	x 4,40 x 1,80	Koperasi Produksi Tude Jaya Anugerah	L. Maluku, L. Seram, L. Halmahera, TL. Tomini	26.19.7198.5223.00350	
Inka Mina 925	32	18,00	x 4,50 x 1,60	KUB. Pratiwi (Raswin Asuna)	L. Maluku, L. Sulawesi, TL. Tomini, Utara Halmahera	26.19.0001.54.44421	
Manado Permai 1	39	19,90	x 5,20 x 1,76	PT. Bintang Mandiri Bersaudara	TL. Tomini, L.Halmahera, L.Maluku, L. Seram	26.19.0001.54.42518	
Mina Maritim 029	35	20,66	x 4,70 x 1,62	KUB Putra Mandiri (Decky Tandayo)	L. Seram, L. Maluku, L. Halmahera	26.19.0001.54.45674	
Nelayan 2017-981	36	17,30	x 4,30 x 2,00	Koperasi Nelayan Naga Laut (Michael Mamentu)	L.Maluku, L.Seram, TL.Tomini, L. Halmahera	26.18.0001.54.41310	
Singkana ung 10	32	19,00	x 4,00 x 1,70	PT. Pathemaang Raya	L.Maluku, L.Seram, TL.Tomini, L. Halmahera	26.19.0001.54.44228	
Tenggiri 15	33	16,64	x 4,20 x 1,95	PT. Pathemaang Raya	L.Maluku, L.Seram, TL.Tomini, L. Halmahera	26.19.0001.54.43284	
Tenggiri 16	33	16,64	x 4,20 x 1,95	PT. Pathemaang Raya	L.Maluku, L.Seram, TL.Tomini, L. Halmahera	26.19.0001.54.42372	
Tenggiri 2	33	17,85	x 3,95 x 2,00	PT. Pathemaang Raya	L.Maluku, L.Seram, TL.Tomini, L. Halmahera	26.19.0001.54.42718	
Tenggiri 6	35	18,48	x 4,10 x 1,86	PT. Pathemaang Raya	L. Maluku, L. Seram, L. Halmahera	26.19.0001.54.43283	
Pelanggi 118	35	19,48	x 4,48 x 1,80	PT. Pathemaang Raya	L.Maluku, L.Seram, TL.Tomini, L. Halmahera	26.19.0001.54.42624	

**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN ANALISIS TEKNIS**

# KOEFISIEN

## DATA KAPAL

L	18,62 m
H	2,00 m
B	3,95 m
T	0,80 m
Vs	10 knot
	5,144 m/s
$\rho$	1,025 ton/m <sup>3</sup>
	1025 kg/m <sup>3</sup>

## Unit Conversion

$\rho_{\text{air laut}}$	1,025	ton/m <sup>3</sup>
	1025	kg/m <sup>3</sup>
1 knot	1852	m/hour
	0,514	m/s
1 m	3,281	ft
1 ft	0,3048	m
1 kW	1,3596	HP

## External Factor

Gravity (g)	9,81 m/s <sup>2</sup>
Suhu air laut	77 °F
$\phi$	0,000010145 ft <sup>2</sup> /s
	0,000000942501 m <sup>2</sup> /s

## Froude Number

Principle of Naval Architecture Vol.II hlm.54

$$g = 9,81 \text{ m/s}^2$$

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$= 0,380636$$

$Fn \leq 0,2$	→	Kapal Lambat
$0,2 \leq Fn \leq 0,35$	→	Kapal Sedang
$Fn \geq 0,35$	→	Kapal Cepat

## Dimension Constraint

L/B	4,34	→	3,5 < L/B < 10	OK	Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19
L/H	10,33	→	8,12 < L/H < 15,48	OK	Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19
B/H	2,38	→	1,47 < B/H < 2,38	OK	Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19
B/T	2,98	→	1,8 < B/T < 5	OK	
L/T	12,91	→	10 < L/T < 30	OK	
T/H	0,80	→	0,7 < T/H < 0,8	OK	Practical Ship Design hal. 70
H	≥	L/16	→	OK	BKI Vol. II 2006
2,00	≥	1,16357			

## Block Coefficient (Watson & Gilfillan)

Parametric design halaman 11-11

$$Cb = -4.22 + 27.8 \sqrt{Fn} - 39.1 Fn + 46.6 Fn^3$$

$$Cb = 0,618$$

$$\rightarrow 0,15 \leq Fn \leq 0,3$$

$$Fn = 0,380636$$

## Midship Section Coefficient (Series 60')

Parametric design halaman 11-12

$$Cm = 0,977 + 0,085 (Cb - 0,6)$$

$$Cm = 0,979$$

## Prismatic Coefficient

$$Cp = Cb/Cm$$

$$Cp = 0,632$$

## Length of Waterline

$$Lwl = 1,04(Lpp)$$

$$Lwl = 19,36 \text{ m}$$

## Waterplan Coefficient

Parametric design halaman 11-16

$$Cwp = 0,180 + 0,860(Cp)$$

$$Cwp = 0,724$$



**Longitudinal Center of Bouyancy** Parametric design halaman 11-19

$LCB = (-13,5 + 19,4(C_p)) \times 100\%$   
 $LCB = -1,240\% L_{pp} = -0,23 \text{ m} \rightarrow \text{Midship}$   
 $LCB = 9,08 \text{ m} \rightarrow \text{AP}$

**Vol. Displacement**

$\nabla = L \times B \times T \times C_b$   
 $\nabla = 36,38 \text{ m}^3$

**Displacement**

$\Delta = L \times B \times T \times C_b \times \rho_{\text{air laut}}$   
 $\Delta = 37,29 \text{ ton}$

**Frame Spacing**

$f = 600 \text{ mm}$   
 $f = 0,60 \text{ m}$

BKI Vol. II 2006

**Resistance Calculation**  
(Holtrop & Mennen Method)

Input Data			
L	18,62 m	C <sub>b</sub>	0,62
H	1,66 m	C <sub>m</sub>	0,979
B	3,95 m	C <sub>wp</sub>	0,724
T	1,16 m	C <sub>p</sub>	0,632
Vs	10 knot	F <sub>n</sub>	0,38064
	5,144 m/s	LCB	-1,24%
ρ	1,025 ton/m <sup>3</sup>		

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

Macam - macam Hambatan Kapal	
Holtrop & Mennen Method	
$R_{total} = R_F(1 + k_1) + R_{APP} + R_W + R_B + R_{TR} + R_A$	
→	$R_F(1 + k_1)$ = Hambatan Gesek + Faktor Bentuk
→	$R_{APP}$ = Hambatan Appendages
→	$R_W$ = Hambatan Gelombang
→	$R_B$ = Hambatan Tekanan Tambahan (Bulbous Bow)
→	$R_{TR}$ = Hambatan Tekanan Tambahan (Transom yang Tercepat)
→	$R_A$ = Hambatan berdasarkan Percobaan Model Kapal

Friction Resistance (R <sub>F</sub> )		International Towing Tank Conference 1957
$R_F = C_F \cdot \rho / 2 \cdot V^2$	→	$C_F = 0,075 / (\log R_n - 2)^2$
$R_F = 2,7685$	→	$S = L(2T + B)(\sqrt{C_m})(0,453 + 0,4425C_b - 0,2862C_m - 0,003467B/T + 0,3696C_{wp}) + 2,38A_{bt}/C_b$
	→	$A_{bt}$ = Cross sectional area of bulb in FP
		$= 10\% \cdot B \cdot T \cdot C_m = 0,449062 \rightarrow \text{Without Bulb}$
		Principle of Naval Architecture Vol II hlm.90

	→	$C_F = 0,075 / (\log R_n - 2)^2$ $C_F = 0,002138$	
Reynold Number	→	$R_n = L_{wl} \cdot V_s / \nu$ $R_n = 83814082,43$	$\nu = 1.18831 \cdot 10^{-6}$ $L_{wl} = 19,36 \text{ m}$
Koefisien Tahanan Gesek	→	$C_{F0} = \frac{0,075}{(\log R_n - 2)^2}$ $C_{F0} = 0,002138$	Principle of Naval Architecture Vol II hlm.90
	→	$S = L(2T + B)(VC_m)(0,453 + 0,4425C_b - 0,2862C_m - 0,003467B/T + 0,3696C_{wp}) + 2,38A_{bt}/C_b$ $S = 82,859$	
	→	$S_{rudder} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot (1,75 \cdot L \cdot T) / 100$ $S_{rudder} = 0,757004869$	Biro Klasifikasi Indonesia 2014 Edition Vol.II 14-2
	→	$S_{bilge\ keel} = L_{keel} \cdot H_{keel} \cdot 4$ $S_{bilge\ keel} = 11,887$	$L_{keel} = 0,6 \cdot C_b \cdot L$ $L_{keel} = 6,908089$ $H_{keel} = 0,18 / (C_b - 0,2)$ $H_{keel} = 0,430174$
Resistance of Appendages	→	$S_{app} = \text{Total wetted surface of appendages}$ $S_{app} = S_{rudder} + S_{bilge\ keel}$ $S_{app} = 12,644$	Practical Ship Design - Watson 1998, hal 254
	→	$S_{tot} = \text{Wetted surface of bare hull and appendages}$ $S_{tot} = S + S_{app}$ $S_{tot} = 95,503$	

Harga (1 + k <sub>1</sub> )			Principle of Naval Architecture Vol II hlm.91
$(1 + k_1) = 0,93 + 0,487 \cdot c \left(\frac{B}{L}\right)^{1,0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0,4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0,1216} \cdot \left(\frac{L^3}{V}\right)^{0,3649} \cdot (1 - C_p)^{-0,6042}$			
$(1 + k_1) = 1,299$	→	$C_{stern} = 0$	→ Karena Bentuk Afterbody Normal
	→	$c = 1 + 0,011 C_{stern}$	
	→	$c = 1$	
	→	$L_R/L = 1 - C_p + \frac{0,06C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$	
	→	$L_R/L = 0,367712$	
	→	$L_{wl}^3/V = 199,5003$	

Harga (1 + k <sub>2</sub> )			Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92
$(1 + k_2) = 1,3 - 1,5$	→	Rudder of single screw ship	Practical Ship Design - Watson 1998, hal 254
$(1 + k_2) = 1,4$	→	for Bilge Keel	Practical Ship Design - Watson 1998, hal 255
$(1 + k_2)_{effective} = \frac{\sum S_i(1 + k_2)_i}{\sum S_i}$			
$(1 + k_2)_{effective} = 1,4$			

Harga (1 + k)			Practical Ship Design - Watson 1998, hal 255
$1 + k = (1 + k_1) + [(1 + k_2) - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$			
$1 + k = 1,313$			

Wave Making Resistance		
$C_i = 2223105 \cdot C_7^{3,7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1,0796} (90 - i_E)^{-1,3757}$		
$= 4,297$		
$C_7 = B/L_{wl}$	→ when $0,11 \leq B/L \leq 0,25$	$B/L_{wl} = 0,204$
$= 0,204$		
Even Keel →	$T_a = T$ $T_f = T$	
$i_E = 125,67 \frac{B}{L} - 162,25C_p^2 + 234,32C_p^3 + 0,1551 \left( LCB + \frac{6,8(T_a - T)}{T} \right)^3$		
$= 21,389$		
		Principle of Naval Architecture Vol II hlm.92-93

→ **Harga  $m_1$**

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

$$= -2,327$$

$$C_{16} = 1,7301 - 0,7067 \times C_p \quad \rightarrow C_p \geq 0.8$$

$$= 1,28347938$$

$$C_{16} = 8,0798 \times C_p - 13,8673 \times C_p^2 + 6,9844 \times C_p^3 \quad \rightarrow C_p < 0.8$$

$$= 1,331$$

→ **Harga  $m_2$**

$$m_2 = C_6 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}} \quad F_n^{-3.29} = 23,99503$$

$$= -0,29965670428 \quad e^{-0.034 F_n^{-3.29}} = 0,4422716$$

$$C_6 = -1,69385 \quad \rightarrow Lwl^3 / \nabla \leq 512 \quad \frac{Lwl^3}{\nabla} = 177,355$$

→ **Harga  $\lambda$**

$$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 Lwl/B \quad \rightarrow \text{When, } Lwl/B < 12$$

$$= 0,767 \quad Lwl/B = 4,9017222$$

→ **Harga  $C_2$**

$$C_2 = 1 \quad \rightarrow \text{without bulb} \quad d = -0,9$$

→ **Harga  $C_5$**

$$C_5 = 1 - 0.8 A_T / (B.T.C_m)$$

$$= 1$$

$A_T = 0$   
 $A_T =$  the immersed area of the transom at zero speed  
 Saat  $V = 0$ , Transom tidak tercelup air

→ **Harga  $R_W/W$**

$$\frac{R_W}{W} = C_t \cdot C_2 \cdot C_5 \cdot e^{\{m_1 \cdot F_n^d + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$$

$$= 0,0142$$

**Air Resistance**

**$C_A$  (Correlation Allowance)**

$$C_A = 0.006 (Lwl + 100) - 0.16 - 0.00205 \quad \rightarrow T_f/Lwl \geq 0.04 \quad T_f/Lwl = 0,060$$

$$= 0,0007$$

→  **$W$  (gaya berat)**

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

$$= 365,836 \text{ N}$$

→  **$R_{total}$**

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

$$= 4599,322 \text{ N} \quad \rightarrow \rho = \text{Kg/m}^3$$

$$= 4,599 \text{ kN}$$

Principle of Naval Architecture Vol II hlm.93

→  **$R_{total} + \text{Margin}$**

Margin = 15%

$$R_{total+Margin} = 5289,220 \text{ kN}$$

$$R_{total+Margin} = 5,289 \text{ kN}$$

## Propulsion & Power Calculation

### Input Data:

$R_T =$	5,289 kN	$V_s =$	10 knot
$\rho =$	1025 kg/m <sup>3</sup>	$=$	4,116 m/s
$\rho =$	1,025 ton/m <sup>3</sup>	$\eta_{Main Engine} =$	1
$V =$	10 knot		
$=$	4,11552 m/s		

### 1. Perhitungan Daya Efektif Kapal (EHP)

$$\begin{aligned}
 EHP &= R_T \times V && \text{(ref : PNA vol.II, hal.153)} \\
 &= 21,76698528 && \text{KW} \\
 &= 29,17826445 && \text{HP}
 \end{aligned}$$

$1 \text{ HP} = 0,746 \text{ kW}$

### 2. Perhitungan Power Engine

#### a. Perhitungan DHP

$$\begin{aligned}
 DHP &= \frac{EHP}{\eta_D} && \text{(ref : Ship Resistance and Propulsion ch.11 pg:248)} \\
 &= \frac{29,17826445}{0,98} && \text{KW} \\
 &= 29,77373923 && \text{KW}
 \end{aligned}$$

$\eta_D = 0,98$

Keterangan : fixed pitch propeller, and it has a relatively small 2%–3% loss in efficiency. There may be some restriction on blade area in order to be able to reverse the blades.

#### b. Perhitungan SHP

Untuk kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian belakang kapal akan mengalami *losses* sebesar 2%, sedangkan kapal dengan kamar mesin terletak pada bagian *midship* kapal mengalami *losses* sebesar 3%.  
(*Principle of Naval Architecture, Vol. II Page 131*)

Pada perencanaan ini, letak kamar mesin berada di bagian belakang kapal.

$$\begin{aligned}
 SHP &= \frac{DHP}{h_{shb}} && h_{shb} = \text{Losses letak kamar mesin} \\
 &= \frac{29,77373923}{0,98} && = 0,98 \\
 &= 30,38136656 && \text{KW}
 \end{aligned}$$

#### c. Perhitungan BHPscr

digunakan *gearbox* yang berfungsi untuk mengurangi kecepatan putar tetapi terjadi *losses* akibat *gearbox*. ; *Parametric Design, Page 11-33*

$$\begin{aligned}
 BHPscr &= \frac{SHP}{h_G} && h_G = \text{Losses akibat gearbox} \\
 &= \frac{30,38136656}{0,98} && = 0,98 \\
 &= 31,00139445 && \text{KW}
 \end{aligned}$$

#### d. Perhitungan BHPmcr

Merupakan daya yang keluar pada kondisi maksimum dari motor induk, dimana besarnya antara 10% - 20% atau menggunakan *engine margin* sebesar 15%.  
Daya BHPscr diambil 85% untuk efisiensi.

$$\begin{aligned}
 BHPmcr &= \\
 &= 27,208 && \text{KW} \\
 &= 36,472 && \text{HP}
 \end{aligned}$$

Kapal menggunakan single screw sehingga daya mesin total:  
maka daya 1 mesin minimal = 27,208 kW atau = 36,472 HP

**Total kebutuhan gas hidrogen**

ZEMShip	=	50	Kw PEM FC	(18th World Hydrogen Energy Conference
		16,7	kg/day	2010 - WHEC 2010)
Kapal	=	34	Kw PEM FC	
		11,33333333	kg/day	
		17	kg/day	(margin 50% kebutuhan tambahan)

**Tanki hidrogen**

Jumlah Tanki	=	2,023809524	buah	8,4	kg/tangki	350 bar
		3	buah	massa jenis =		0,35 m <sup>3</sup>
				total gas H2 =		24 kg/m <sup>3</sup>
				W =		25,2 kg
						0,60 ton

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

**Pemilihan Kompresor**

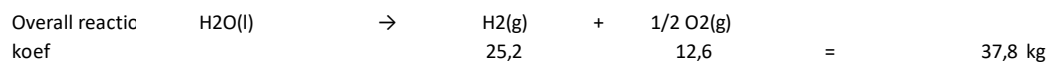
Volume H2 dikompres	=	15,312	m <sup>3</sup>		350 bar	
Output rate	=	13	m <sup>3</sup> /h		5,5 kW	
Durasi pengoperasian	=	1,18	h	W =	0,167 ton	
tenaga total	=	6,48	kWh			
					70,67077	10,67

**Elektroliser**

H2 dibutuhkan	=	15,312	m <sup>3</sup>	total gas H2 =	25,2 kg	
Output rate	=	6	m <sup>3</sup> /h	w =	4 ton	
Durasi pengoperasian	=	2,55	h			
tenaga total	=	76,56	kWh			
					153,12	33,12

**H2O Tank (Purified Water)**

Total gas H2	=	25,2	kg	Overall reaction: H2O(l) → H2(g) + 1/2 O2(g)	
Menggunakan hk. Kekekalan massa (A. Lavoisier)					40 bar
H2O dibutuhkan	=	37,8	kg	x 40 bar	1 bar
H2O dibutuhkan	=	1,512	m <sup>3</sup>		(STP)
Kapasitas tangki H2O	=	2	m <sup>3</sup>		



**Desalinator**

H2O dibutuhkan	=	1,512	m <sup>3</sup>		5 kW	
Output rate	=	1,575	m <sup>3</sup> /h	W =	0,725 ton	
durasi pengoperasian	=	0,96	h			
tenaga total	=	4,8	kWh			
					57,6	36

**Sea water tank**

Kapasitas tangki H2O	=	2	m <sup>3</sup>
Kapasitas tangki seawater	=	3	m <sup>3</sup>
Durasi Produksi Hidrogen	=	4,69	h

### Charging system

#### Battery

Electric motor	=	29,80 kWh
Kapasitas 1 baterai	=	20 kWh
jumlah	=	1,49 buah
	=	2 buah
total kapasitas baterai	=	40 kWh

#### Generator

Kebutuhan=	40,50	kw
Output Generator=	50	kw
Konsumsi Bahan Bakar=	200	g/kw.h
durasi produksi hidrogen=	4,69	jam
Total Konsumsi Bahan bakar=	46,89846154	Kg

#### Diesel Engine

Kebutuhan=	26,55	kw
Output Engine=	29,8	kw
Konsumsi Bahan Bakar=	241	g/kw.h
Total waktu Pelayaran=	12	jam
Total Konsumsi Bahan bakar=	86,1816	Kg

### PERHITUNGAN BERAT PERMESINAN DAN PROPULSI

No.	Komponen	Berat (ton)	L(m)	B (m)	H (m)	LCG (m)	LCG (m) x Berat	VCG (m)	VCG (m) x Berat
1	Desalinator	0,725	1,78	0,88	0,78	3,4	2,465	1,5	1,0875
2	Electrolyser	4	1,75	0,70	1,1	8	32	1,5	6
3	Compressor	0,167	0,77	0,64	0,61	6	1,002	1,5	0,2505
4	H2 Storage Tanks	1,008	2,342	1,50	0,51	6,4	6,4512	1,5	1,512
5	Fuel Cell	0,9	1,76	0,53	0,5	2,4	2,16	1,5	1,35
6	Batteries	2,655	1,5	0,515	0,32	7,8	20,709	1,5	3,9825
8	Generator	1,3	1,95	1,31	0,05	3	3,9	1,5	1,95
10	Electric Motor	0,2	1	0,5	0,4	7,6	1,52	1,5	0,3
11	Diesel Engine	0,51	0,93	0,56	0,72	3	1,53	1,5	0,337
Total		11,465	ton				6,12361099		1,433275185

### Perhitungan Berat Lambung

Sumber : Jurnal Teknik ITS ( Pembuatan Detail Desain Unmanned Surface Vehicle (USV) untuk Monitoring Wilayah Perairan Indonesia )

$$\begin{aligned} \text{Densitas Material Baja} &= 7,85 \text{ g/cm}^3 \\ &= 7850 \text{ kg/m}^3 \end{aligned}$$

Material Factor Baja

$$\begin{aligned} k &= \frac{635}{R\rho 0.2 + Rm} \\ k &= 1,000 \end{aligned}$$

### Perhitungan Tebal Pelat

Ref : BKI (Rules for Small Vessel up to 24 m) (2013)

8.4.2 The centreline girder's scantlings are to match those of the floors in accordance with Table 1.40.

Table 1.39

	Plate thickness [mm]	
	Shell plating for motor craft	Shell plating for sailing craft and motorsailers
Shell bottom	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VB} \cdot \sqrt{P_{GBM} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{GBS} \cdot k}$
Shell side	$t = 1,62 \cdot a \cdot F_{VS} \cdot \sqrt{P_{GBM} \cdot k}$	$t = 1,62 \cdot a \cdot \sqrt{P_{GBS} \cdot k}$
Min. thickness	$t_{min} = 0,9 \cdot \sqrt{L \cdot k}$	
a	= frame spacing [m]	
k	= material factor in accordance with 3.3	
$F_{VB}$	= see A.1.9.3	
$F_{VS}$	= see A.1.9.3	
$P_{GBM}$	= see A.1.9.2	
$P_{GBS}$	= see A.1.9.2	

### **Tebal Pelat Lambung**

Tebal pelat lambung diasumsikan sama dengan tebal pelat *bottom*

Diambil= 4 mm

### **Perhitungan Tebal Pelat Geladak**

Tebal pelat geladak diasumsikan sama dengan tebal pelat *side*

Diambil= 5 mm

### **Perhitungan Tebal Pelat Superstructure**

Tebal pelat *superstructure* diasumsikan sama dengan tebal pelat minimum

Diambil= 4 mm

## Shell Bottom

$$\begin{aligned}\text{Jarak gading} &= 368,62 \text{ mm} \\ &= 0,4 \text{ m} \\ L &= 18,62 \text{ m} \\ Lwl &= 18,99 \text{ m} \\ V &= 8 \text{ knot}\end{aligned}$$

FvB = Correction factors for speed

$$\begin{aligned}FvB &= 0,34 \cdot \sqrt{\frac{v}{\sqrt{L_{WL}}}} + 0,355 \geq 1,0 \\ &= 0,81567691\end{aligned}$$

PdBM = Hull loadings

$$\begin{aligned}PdBM &= 2,7 L + 3,29 \\ &= 53,5559\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= 1,62 \cdot a \cdot F_{vB} \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k} \\ &= 3,868092349 \text{ mm} \\ &= 4 \text{ mm} \quad \text{Diambil}\end{aligned}$$

## Shell Side

$$\begin{aligned}FvS &= \left( 0,024 \cdot \frac{v}{\sqrt{L_{WL}}} + 0,91 \right) (1,018 - 0,0024 \cdot L) \geq 1,0 \\ &= 1,032931136\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}t &= 1,62 \cdot a \cdot F_{vS} \cdot \sqrt{P_{dBm} \cdot k} \\ &= 4,898352508 \\ &= 5 \text{ mm} \quad \text{Diambil}\end{aligned}$$

## Min Thicknes

$$\begin{aligned}t &= 0,9 \cdot \sqrt{L \cdot k} \\ &= 3,883267954 \\ &= 4 \text{ mm} \quad \text{Diambil}\end{aligned}$$



## Perhitungan Berat

Perhitungan luasan, dihitung menggunakan *software Maxsurf*

### 1. Lambung

Luas	=	144,445 m <sup>2</sup>
Tebal	=	0,005 m
p Material Baja	=	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Berat	=	5,669 ton
VCG	=	0,996 m
LCG	=	10,000 m

### 2. Geladak

Luas	=	48,952 m <sup>2</sup>
Tebal	=	0,005 m
p Material Baja	=	7.850 kg/m <sup>3</sup>
Berat	=	1,921 ton
VCG	=	2,250 m
LCG	=	10,000 m

### 3. Super Structure

			24,44
Luas	=	105,592 m <sup>2</sup>	24,44
Tebal	=	0,005 m	25,663
p Material Baja	=	7.850 kg/m <sup>3</sup>	9,662
Berat	=	4,144 ton	21,3868
VCG	=	3,500 m	105,592
LCG	=	5,200 m	

### 4. Konstruksi

Berat konstruksi, menurut pengalaman empiris 20% -30% dari berat lambung kapal (diambil 25%)

Sehingga,

Berat	=	2,934 ton
-------	---	-----------

### 5. Total

Berat Total	=	14,669 ton
VCG	=	2,086 m
LCG	=	8,305 m

LCG= 5,61932239 m from AP



## DWT CALCULATION

BHP = 27 kW      L = 18,62 m  
S = 53 nm  
V = 8 knots = 4,352 m/s

### **Voyage data**

Voyage radius = 53 nm  
Voyage radius = 98156,000 m  
Voyage time = 22554,228 s  
Voyage time = 12,000 hour  
konsumsi = 19,8 liter/jam  
 $\rho_{FO} = 0,9443 \text{ ton/m}^3$

### **1. Muatan**

Muatan Ikan = 4,5 ton  
Muatan Es Batu = 2,25 ton  
VCG = 1,5 m  
LCG = 21,6

### **2. Konsumsi Bahan Bakar Generator (Diesel Oil Consumption )**

konsumsi = 10 liter/jam  
 $V_{HFO} = 124,8 \text{ liter}$       konsumsi untuk 1 mesin  
= 0,16224 m<sup>3</sup>  
 $W_{HFO} = 0,153 \text{ ton}$       25      0,038301  
 $W_{HFO} = 0,153 \text{ ton}$       50      0,076602  
VCG = 1,5 m      75      0,114902  
LCG = 4 m      100      0,153203

### **2. Konsumsi Bahan Bakar Diesel Engine (Diesel Oil Consumption )**

konsumsi = 12,863 liter/jam  
 $V_{HFO} = 160,53024 \text{ liter}$       konsumsi untuk 1 mesin  
= 0,20868931 m<sup>3</sup>  
 $W_{HFO} = 0,197 \text{ ton}$   
 $W_{HFO} = 0,197 \text{ ton}$   
VCG = 1,5 m  
LCG = 4 m

### **3. Fresh water**

$\rho_{FW} =$	1000	kg/m <sup>3</sup>
$\rho_{FW} =$	1	ton/m <sup>3</sup>
$V_{FW} =$	0,595	m <sup>3</sup>
$W_{FW} =$	0,17	ton/(person x day)
$W_{FW} =$	0,595	ton
VCG=	1,5	m
LCG=	4,4	m

### **4. Crew dan Penumpang**

#### **Crew**

Jumlah =	7	orang
Berat =	80	kg
Berat Total =	560	kg
=	0,56	ton
VCG=	3,5	m
LCG=	4,8	m

### **5. Barang Bawaan**

Jumlah =	7	buah
Berat =	15	kg
Berat Total =	105	kg
=	0,105	ton
VCG=	3,5	m
LCG=	3,2	m

#### **5. Total**

DWT=	8,360	ton
VCG=	1,624	m
LCG=	18,188	m

### **Berat Kosong**

LWT=	27,036	ton
VCG=	1,588	m
LCG=	7,200	m

### **Berat Total**

Total=	35,396	ton
VCG=	1,596	m
LCG=	9,795	m

### PERHITUNGAN GROSS TONNAGE

LoA =	19,55 m		
Lpp =	18,62 m		
Lwl =	18,99 m	L / B =	4,713
B =	3,95 m	B / T =	4,938
H =	2,00 m	T / H =	0,400
T =	0,80 m	ρ =	1025 kg/m <sup>3</sup>
g =	9,81 m/s <sup>2</sup>	=	1,025 ton/m <sup>3</sup>

V = 8 knot  
 = 4,11552 m/s  
 Displ. = 37,29 ton

GT = K1 x V  
 = 36,18101

V = Vu + Vh  
 = 148,62

Vu =  $\Delta \left( 1.25 \frac{D}{d} - 0.115 \right)$   
 = 112,2429

Vh = total volume bangunan atas kapal dan lambung  
 = 36,38 m<sup>3</sup>

K1 = 0,2 + 0,02 log V  
 = 0,243442

<b>Total Berat Kapal (DWT + LWT)</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen Berat Kapal</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
1	Berat Kapal Bagian DWT	8,360	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	27,036	ton
<b>Total</b>		<b>35,396</b>	<b>ton</b>
<b>Batasan Kapasitas Kapal Sesuai Hukum Archimedes</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen Berat Kapal</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
1	Displacement	37,290	ton
2	DWT	8,360	ton
3	LWT	27,036	ton
4	Displacement = DWT + LWT	35,396	ton
<b>Selisih</b>		<b>1,894</b>	<b>ton</b>
		<b>5,35%</b>	<b>(2% ~ 10%)</b>
		<b>OK</b>	<b>OK</b>

**Perhitungan Lambung Timbul**  
**Rules for Small Vessels Up to 24m**

**Input Data**

H =	2,00 m	Vdisp =	36,38 m <sup>3</sup>
d = 0.85H		B <sub>1</sub> =	3,95 m
=	1,7 m	C <sub>B</sub> =	v/(L*B*d)
L = 96%Lwl0.85D		=	0,262059899
=	20,6736 m	C <sub>b</sub> =	0,62
L = Lpp	m	T =	0,80 m
=	18,62		

Minimum freeboard for open and partially decked craft		Comment
Operation Category	Requirement	
IV - I	<b>F<sub>b</sub> = 0,15 + 0,25 B</b> [m]	(3) and (4)
<p>(1) In the case of outboard powered craft, the freeboard shall also be maintained when one person on board is near the outboard engine (attitude when starting the engine by hand)</p> <p>(2) The requirements when the craft is swamped in accordance with Section 5, A.11 shall be observed.</p> <p>(3) if operating exclusively in Operating Category V, decked craft may have freeboards as for open and partially decked craft.</p> <p>(4) Craft for operation in sheltered waters may on application be given a lower freeboard.</p>		

$$F_b = 0.15 + 0.25 B$$

$$= 1,1375 \text{ m}$$

Lambung Timbul Sebenarnya

$$F_b = H - T$$

$$= 1,2 \text{ m}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Disyaratkan

**Kondisi = Diterima**

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang disyaratkan	1,138	m
Lambung Timbul sebenarnya	1,2	m
Kondisi	<b>Diterima</b>	

## Perhitungan Lambung Timbul

### NCVS

#### Input Data

H =	2,00 m	Vdisp =	36,38 m <sup>3</sup>
d =	0.85H	B <sub>1</sub> =	3,95 m
=	1,7 m	C <sub>B</sub> =	v/(L*B*d)
L =	96%Lwl0.85D	=	0,26206
=	20,6736 m	C <sub>b</sub> =	0,62
L =	Lpp m	T =	0,80 m
=	18,62		

#### 1. Tipe Kapal

NCVS Indonesian Flagged - Chapter 6 Section 5.1.2 menyebutkan bahwa:

Kapal Tipe A adalah:

- Kapal yang didesain untuk mengangkut kargo curah cair
- Kapal yang memiliki kekokohan tinggi pada geladak terbuka
- Kapal yang memiliki tingkat keselamatan yang tinggi terhadap banjir

Kapal Tipe B adalah selain kapal tipe A

Sehingga, kapal termasuk kapal **Tipe B**

#### 2. Lambung Timbul Standar (Fb<sub>1</sub>)

$$\begin{aligned} Fb_1 &= 0,8 L \text{ cm} && ; \text{ untuk kapal } L < 50 \text{ m} \\ &= 16,53888 \text{ cm} \\ &= 0,165389 \text{ m} \end{aligned}$$

#### II. Lambung Timbul Awal (fb) untuk kapal Type B

$$\begin{aligned} fb &= 0,8 L \text{ cm, untuk } L \text{ sampai dengan } 50 \text{ m} \\ fb &= (L/10)^2 + (L/10) + 10 \text{ cm, untuk } L \text{ lebih dari } 50 \text{ m} \end{aligned}$$

Catatan : L adalah panjang kapal dalam meter



### 3. Koreksi Lambung Timbul

#### 1. Koefisien Blok

Koreksi hanya untuk kapal dengan  $CB > 0.68$

CB tidak memerlukan koreksi

Apabila  $K_b$  lebih besar dari 0,68; maka  $f_b$  harus dikalikan dengan faktor:

$$\frac{0.68 + K_b}{1.36}$$

#### 2. Depth (NCVS Appendix 5)

$$L/15 = 1,37824$$

$$D = 1,70$$

Jika  $D > L/15$  maka,

$$\text{Koreksi} = 20 (D - L/15)$$

$$= 6,4352 \text{ cm}$$

$$= 0,064352 \text{ m}$$

$$F_{b_2} = 0,229741 \text{ m}$$

1. Apabila  $D$  lebih besar dari seperlimabelas panjang kapal ( $L/15$ ), lambung timbul ditambah dengan:  
 $20 (D - L/15) \text{ cm}$ , untuk  $L$  sampai dengan 50 m  
 $(0,1 L + 15) (D - L/15) \text{ cm}$ , untuk  $L$  lebih dari 50 m sampai dengan 100 m  
 $25 (D - L/15) \text{ cm}$ , untuk  $L$  lebih dari 100 m  
 Catatan :  $L$  adalah panjang kapal dalam meter;  
 $D$  adalah dalam kapal, dalam meter.
2. Apabila  $D$  lebih kecil dari seperlimabelas panjang kapal ( $L/15$ ), tidak ada koreksi terhadap lambung timbul.

### 3. Bangunan Atas

#### Koreksi bangunan atas dan trunk

Apabila kapal memiliki bangunan atas dan trunk tertutup, lambung timbul dikurangi dengan:

$$\frac{50 \sum (l_s \times h_s) \text{ cm}}{L}$$

Catatan :

- $L$  adalah panjang kapal dalam meter;
- $l_s$  adalah jumlah panjang efektif bangunan atas dan trunk tertutup dalam meter;
- $h_s$  adalah tinggi standar bangunan atas dan trunk tertutup dalam meter.

Koreksi

$$\text{bangunan atas} = 3,385961 \text{ cm}$$

atas

$$= 0,03386 \text{ m}$$

### 3. Koreksi Lambung Timbul

#### 1. Koefisien Blok

Koreksi hanya untuk kapal dengan  $CB > 0.69$

CB tidak memerlukan koreksi

### Ketinggian Bow Minimum (BWM)

Persyaratan tinggi bow minimum tidak disyaratkan untuk kapal dengan panjang kurang dari 24 meter.

Sehingga tidak ada peraturan untuk tinggi bow minimum.

#### Batasan

Lambung Timbul Sebenarnya (*actual freeboard*)

$$F_b = H - T$$

$$= 1,20$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang disyaratkan	0,000	m
Lambung Timbul Sebenarnya	1,20	m
Kondisi	DITERIMA	

## Trim Calculation

Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons

### Input Data

L =	18,617	m	Vol. Disp =	36,38	m <sup>3</sup>
B =	3,950	m	KG =	1,60	m <sup>3</sup>
T =	0,800	m	LCG from AP =	9,7952	m
C <sub>m</sub> =	0,979		LCB from AP =	9,080	m
C <sub>b</sub> =	0,618				
C <sub>wp</sub> =	0,724				

### Hydrostatic Properties

Parametric Design page 11-18

#### KB

$$\begin{aligned}KB/T &= 0.90 - 0.30 \cdot C_M - 0.1 \cdot C_B \\ &= 0,5445 \\ KB &= 0,44 \text{ m}\end{aligned}$$

#### BM<sub>T</sub>

Parametric Design page 11-19

$$\begin{aligned}C_{IT} &= 0.1216 \cdot C_{WP} - 0.0410 \\ &= 0,0470 \\ I_T &= C_I \cdot L \cdot B^3 \\ &= 53,97014\end{aligned}$$

BM<sub>T</sub> = *transverse distance between buoyancy center to metacenter*

$$\begin{aligned}BM_T &= I_T / \text{vol} \\ &= 1,48 \text{ m}\end{aligned}$$

#### BM<sub>L</sub>

C<sub>IL</sub> = *longitudinal inertia coefficient*

$$\begin{aligned}C_{IL} &= 0.350 C_{wp}^2 - 0.405 C_{wp} + 0.146 \\ &= 0,0362\end{aligned}$$

I<sub>L</sub> = *moment of inertia of waterplane relative to ship's longitudinal axis*

$$\begin{aligned}I_L &= C_{IL} \cdot B \cdot L^3 \\ &= 924\end{aligned}$$

BM<sub>L</sub> = *longitudinal distance between buoyancy center to metacenter*

$$\begin{aligned}BM_L &= I_L / \text{vol} \\ &= 25,39 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}GM_L &= BM_L + KB - KG \\ &= 24,23 \text{ m}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Trim} &= (LCG - LCB) \cdot L / G_{ML} \\ &= 0,550 \text{ m}\end{aligned}$$

Parametric Design page 11-27

Trim condition = Trim by bow

$$\begin{aligned}\text{Trim boundary condition} &= 0,93085 \text{ m} \\ LCG-LCB &= 0,715 \text{ m}\end{aligned}$$

ACCEPTED

## **LOADCASE & STABILITY**

Loadcase	Kondisi				
	kosong	50%	penuh	berangkat	pulang
Consumable	0%	50%	100%	100%	5%
Fuel Oil	0%	50%	100%	100%	25%
Fresh Water Tanks	0%	50%	100%	100%	5%
Sea Water Tank	0%	50%	100%	100%	5%
Purified Water Tank	0%	50%	100%	0%	5%
Higrogen Tank	0%	50%	100%	0%	5%
Fishing Hold	0%	50%	100%	0%	100%

Data	Loadcase					kriteria	status
	penuh	50%	kosong	berangkat	pulang		
e0-30 <sup>0</sup> (m.deg)	0,093	0,11	0,1151	0,174	0,0911	≥ 0,055	ok
e0-40 <sup>0</sup> (m.deg)	0,149	0,176	0,1827	0,2814	0,1455	≥ 0,09	ok
e30-40 <sup>0</sup> (m.deg)	0,056	0,0658	0,0677	0,1074	0,0544	≥ 0,03	ok
max GZ at 30 or Greater(m.deg)	0,324	0,382	0,392	0,623	0,316	≥ 0,2	ok
Angle of Maximum GZ	34,5	34,5	34,5	37,3	34,5	≥ 25	ok
GMO (m)	0,776	0,912	0,974	1,416	0,758	≥ 0,15	ok

**LAMPIRAN C**  
**PERHITUNGAN ANALISIS EKONOMIS**

## BUILDING COST

BUILDING COST				
	No	Item	Value	Unit
Material Baja	1	<b>Lambung Kapal (Hull)</b>		
		<i>(Tebal pelat = 9 mm, jenis material = aluminium)</i>		
		<i>Sumber: Alibaba.com</i>		
		<i><a href="https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=stee">https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=stee</a></i>		
		Harga	750	USD/ton
	Berat Lambung Kapal	6,803	ton	
	<b>Harga Lambung Kapal</b>	<b>\$ 5.102,52</b>	<b>USD</b>	
	2	<b>Geladak Kapal (Deck)</b>		
		<i>(Tebal pelat = 8 mm, jenis material = aluminium)</i>		
		<i>Sumber: Alibaba.com</i>		
		<i><a href="https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=stee">https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=stee</a></i>		
		Harga	750	USD/ton
	Berat Geladak Kapal	2,306	ton	
	<b>Harga Geladak Kapal</b>	<b>\$ 1.729,23</b>	<b>USD</b>	
	3	<b>Bangunan Atas Kapal</b>		
		<i>(Tebal pelat = 5 mm, jenis material = aluminium)</i>		
		<i>Sumber: Alibaba.com</i>		
		<i><a href="https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=stee">https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=stee</a></i>		
		Harga	750	USD/ton
	Berat Bangunan Atas Kapal	4,973	ton	
<b>Harga Bangunan Atas Kapal</b>	<b>\$ 3.730,04</b>	<b>USD</b>		
4	<b>Konstruksi Lambung Kapal</b>			
	<i>Sumber: Alibaba.com</i>			
	<i><a href="https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=steel+plate+indonesia">https://www.alibaba.com/trade/search?fsb=y&amp;IndexArea=product_en&amp;CatId=&amp;SearchText=steel+plate+indonesia</a></i>			
	Harga	750	USD/ton	
	Berat Konstruksi Lambung Kapal	3,521	ton	
<b>Harga Konstruksi Lambung Kapal</b>	<b>\$ 2.640,45</b>	<b>USD</b>		
		<b>Total Harga Aluminium</b>	<b>\$ 13.202,23</b>	<b>USD</b>

<b>Equipment &amp; Outfitting</b>			
<b>No</b>	<b>Item</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
<b>1</b>	<b>Handline Tuna</b>		
	Harga	18	USD/m <sup>2</sup>
	Jumlah	10	
	<b>Harga</b>	<b>\$ 180,00</b>	<b>USD</b>
<b>2</b>	<b>Fish Finder</b>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	2.500	
		2.500	USD
	<b>Harga</b>	<b>\$ 2.500,00</b>	<b>USD</b>
<b>3</b>	<b>Peralatan Navigasi &amp; Komunikasi (www.alibaba.com)</b>		
	<b>a. Peralatan Navigasi</b>		
	<b>Radar</b>	2.750	USD
	<b>Kompas</b>	55	USD
	<b>GPS</b>	850	USD
	<b>Lampu Navigasi</b>		
	-Masthead Light	9,8	USD
	-Anchor Light	8,9	USD
	-Starboard Light	12	USD
	-Portside Light	12	USD
	<b>Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)</b>	17.500	USD
	<b>Automatic Identification System (AIS)</b>	4.500	USD
	<b>Telescope Binocular</b>	60	USD
	<b>Harga Peralatan Navigasi</b>	<b>\$ 25.757,65</b>	<b>USD</b>
	<b>b. Peralatan Komunikasi</b>		
	<b>Radiotelephone</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	172	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 172,00</b>	<b>USD</b>
	<b>Digital Selective Calling (DSC)</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	186	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 186,00</b>	<b>USD</b>
	<b>Navigational Telex (Navtex)</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	12.500	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 12.500,00</b>	<b>USD</b>
	<b>EPIRB</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	110	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 110,00</b>	<b>USD</b>
	<b>SART</b>		
	Jumlah	2	Set
	Harga per set	450	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 900,00</b>	<b>USD</b>
	<b>SSAS</b>		
	Jumlah	1	Set
Harga per set	19.500	USD	
<b>Harga total</b>	<b>\$ 19.500,00</b>	<b>USD</b>	
<b>Portable 2-Way VHF Radiotelephone</b>			
Jumlah	2	Unit	
Harga per unit	87	USD	
<b>Harga total</b>	<b>\$ 174,00</b>	<b>USD</b>	
<b>Harga Peralatan Komunikasi</b>	<b>\$ 33.542,00</b>	<b>USD</b>	

4	<b>Peralatan Proses Ikan</b>		
	<b>Meja Potong</b>		
	Jumlah	1	Unit
	Harga per unit	60	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 60,00</b>	<b>USD</b>
	<b>Meja Trimming</b>		
	<b>Pisau Fillet</b>		
	Jumlah	5	Unit
	Harga per unit	60	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 300,00</b>	<b>USD</b>
	<b>Pisau Trimming</b>	<b>\$ 9.000,00</b>	<b>USD</b>
	<b>Sterofoam Kap 80kg</b>	<b>\$ 75,00</b>	<b>USD</b>
	<b>Timbangan 100kg</b>	<b>\$ 510,00</b>	<b>USD</b>
	<b>Harga Peralatan Proses Ikan</b>		<b>\$ 10.005,00</b>
5	<i>Lifebuoy (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	7	Unit
	Harga per unit	20	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 140,00</b>	<b>USD</b>
6	<i>Liferaft (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Unit
	Harga per unit	2.000	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 2.000,00</b>	<b>USD</b>
7	<i>Life Jacket (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	7	Unit
	Harga per unit	10	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 70,00</b>	<b>USD</b>
8	<i>Pintu (www.alibaba.com)</i>		
	Depan	<b>\$ 400,00</b>	<b>USD</b>
	Belakang	<b>\$ 100,00</b>	<b>USD</b>
	Pintu ruangan	8	Unit
	Harga per unit	80	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 1.140,00</b>	<b>USD</b>
9	<i>Water pump (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	5	Unit
	Harga per unit	52	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 260,00</b>	<b>USD</b>
10	<i>Marine Air Conditioning (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	8	Unit
	Harga per unit	385	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 3.080,00</b>	<b>USD</b>
	<i>Electric Winch (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	1	Set
11	Harga per unit	299	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 299,00</b>	<b>USD</b>
	<i>Fire Extinguisher (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	2	Unit
12	Harga per unit	4	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 7,00</b>	<b>USD</b>
	<i>Anchor (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	22	USD
<b>Harga total</b>	<b>\$ 44,00</b>	<b>USD</b>	
13	<i>Tali Tambat (www.alibaba.com)</i>		
	Jumlah	4	Unit
	Harga per unit	1,6	USD
	<b>Harga total</b>	<b>\$ 6,40</b>	<b>USD</b>
<b>Total Harga Equipment &amp; Outfitting</b>		<b>\$ 53.273,40</b>	<b>USD</b>

<b><u>machinery</u></b>					
Jenis	jumlah	satuan	harga/satuan	harga rupiah	harga total
<i>desalinator</i>	1	buah	\$ 13.000,00	Rp 185.919.110,00	Rp 185.919.110,00
<i>electrolyser</i>	1	buah	\$ 50.000,00	Rp 715.073.500,00	Rp 715.073.500,00
<i>compressor</i>	1	buah	\$ 7.146,50	Rp 102.205.455,36	Rp 102.205.455,36
<i>tangki hidrogen</i>	7	buah	\$ 69,00	Rp 986.801,43	Rp 6.907.610,01
<i>fuel cell</i>	1	buah	\$ 50.000,00	Rp 715.073.500,00	Rp 715.073.500,00
<i>baterai</i>	9	buah	\$ 13.297,95	Rp 190.180.232,99	Rp 1.711.622.096,88
<i>generator</i>	1	buah	\$ 15.000,00	Rp 214.522.050,00	Rp 214.522.050,00
<i>main engine</i>	1	buah	\$ 16.879,00	Rp 241.394.512,13	Rp 241.394.512,13

<b><u>Biaya Pembangunan</u></b>			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Material Baja</b>	\$ 13.202	USD
2	<b>Total Harga Equipment &amp; Outfitting</b>	\$ 53.273	USD
3	<b>Tenaga Penggerak</b>	\$ 14.390	USD
<b>Total Harga (USD)</b>		\$ 80.866	USD
<b>Kurs Rupiah - US Dollar (per 27 Februari 2019)</b>		\$ 15.000	Rp/USD
<b>Total Harga (Rupiah)</b>		<b>Rp 3.521.735.658,00</b>	<b>Rp</b>

<b><u>Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah</u></b>			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Keuntungan Galangan Kapal</b>		
	<i>20% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan Kapal	Rp 704.347.132	Rp
2	<b>Biaya Untuk Inflasi</b>		
	<i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Inflasi	Rp 70.434.713	Rp
3	<b>Biaya Pajak</b>		
	<i>10% PPn (Pajak Pertambahan Nilai)</i>		
	Biaya Pajak Pemerintah	Rp 352.173.566	Rp
<b>Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi</b>		<b>Rp 1.126.955.411</b>	<b>Rp</b>

<b><u>Total harga kapal adalah</u></b>	
Biaya	Value
Biaya Pembangunan	Rp 3.521.735.658
Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah	Rp 1.126.955.411
<b>Total Harga Kapal</b>	<b>Rp 4.648.691.069</b>



Biaya Operasional			
No	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b>Bahan Bakar Diesel</b>		
	Harga Minyak Bakar (MFO) Region IV	Rp 6.850,00	per liter
	Waktu Operasional	12	12 hari
	Jumlah Pemakaian	75	liter/ hari
	Biaya Pemakaian	Rp 6.165.000,00	per r-trip
	Biaya Pemakaian	<b>Rp 1.035.720.000,00</b>	per tahun
<b>3</b>	<b>Bahan Pembantu</b>		
	Es ( Rp200 ,- per kg ikan)	Rp 200,00	Rp/Kg
	Kemasan plastik PE (1 kg plastik untuk 180 kg ikan)	Rp 22.000,00	Rp/Kg
	Jumlah Pemakaian Es	2475	kg / r-trip
	Jumlah Pemakaian Plastik	14	kg / r-trip
	Biaya Pemakaian	<b>Rp 803.000,00</b>	per r-trip
	Biaya Pemakaian	<b>Rp 134.904.000,00</b>	per tahun
<b>3</b>	<b>Gaji Crew</b>		
	Jumlah Crew	7	orang
	Gaji Crew Per bulan	Rp 6.000.000,00	per orang
	Gaji Crew Per tahun	Rp 42.000.000,00	per orang
	Total Gaji Crew per tahun	<b>Rp 294.000.000,00</b>	per tahun
<b>4</b>	<b>Biaya Perawatan (Dayusari, 2017)</b>		
	Diasumsikan 5% total dari <i>Building Cost</i>	<b>Rp 232.434.553,45</b>	per tahun
<b>5</b>	<b>Biaya Asuransi (Watson,1998)</b>		
	Diasumsikan 1% total dari <i>Building Cost</i>	<b>Rp 46.486.910,69</b>	per tahun
<b>6</b>	<b>Pinjaman Bank Mandiri (Dayusari, 2017)</b>		
	Building Cost	Rp 4.648.691.069,00	
	Pinjaman dari Bank	65%	
	Nilai Pinjaman	Rp 3.021.649.194,85	
	Bunga Bank (Bank Mandiri, 2019)	9,60%	per tahun
	Nilai Bunga Bank	Rp 290.078.322,71	per tahun
	Lama Pinjaman	15	tahun
	Pembayaran Cicilan Pinjaman	1 x	per tahun
	Nilai Cicilan Pinjaman	<b>Rp 491.521.602,36</b>	per tahun
<b>Total Biaya Operasional</b>		<b>Rp 2.100.163.066,50</b>	<b>IDR</b>

No	Produk	Volume	Unit	Harga Jual (Rp)**	Penjualan 1 Trip (Rp)	Penjualan 1 Bulan (Rp)	Penjualan 1 Tahun (Rp)
1	Penangkapan tuna loin per bulan	2500	kg		Rp 250.750.000,00	Rp 501.500.000,00	Rp 3.510.500.000,00
2	- Grade A (30 %)*	750	kg	Rp 112.000,00	Rp 84.000.000,00	Rp 168.000.000,00	Rp 1.176.000.000,00
3	- Grade B (40 %)*	1000	kg	Rp 98.500,00	Rp 98.500.000,00	Rp 197.000.000,00	Rp 1.379.000.000,00
4	- Grade C (30 %)*	750	kg	Rp 91.000,00	Rp 68.250.000,00	Rp 136.500.000,00	Rp 955.500.000,00

\* Sumber : Direktorat Kredit, BPR dan UMKM

\*\* Sumber : <https://zuniyahya.com/harga-ikan-tuna/>

**PERHITUNGAN *FREE CASHFLOW* PER TAHUN**

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

	t = Pajak Penghasilan		25%
	<i>CAPEX = Capital Expenditure</i>		0
	<i>Increment Net Working Cap.</i>		0
1)	<b>LABA/(RUGI) SEBELUM BUNGA &amp; PAJAK</b>		
	<b>PENDAPATAN</b>		
	Penjualan tuna	Rp	3.510.500.000,00
	<b>BIAYA OPERASIONAL</b>		
	Biaya Bahan Bakar Diesel	Rp	1.139.292.000,00
	Biaya Air Bersih	Rp	-
	Biaya Kru	Rp	294.000.000,00
	Biaya <i>Maintenance &amp; Repair</i>	Rp	232.434.553,45
	Asuransi	Rp	46.486.910,69
	Biaya Administrasi dan Umum	Rp	2.000.000,00
	<b>BIAYA LAIN</b>		
	Depresiasi	Rp	234.684.026,15
	<i>Earnings Before Int. and Tax</i>	Rp	1.561.602.509,71
	<i>Free Cashflow</i>		
	<b>Rp1.405.885.908,43</b>		
	<b>LABA/(RUGI) TAHUN 2020</b>		
	Pendapatan	Rp	3.510.500.000,00
	Biaya Operasional	Rp	1.714.213.464,14
	Pendapatan/(Biaya) Lain:		
2)	Depresiasi	Rp	234.684.026,15
	EBIT	Rp	1.561.602.509,71
	<i>Free Cashflow</i>		
	<b>Rp1.405.885.908,43</b>		

<b>PERHITUNGAN NPV DAN IRR</b>			
Nilai Investasi	Rp4.983.758.845,64		
Umur Ekonomis	20		
Tingkat Diskonto (i)	15,35%		
Faktor Diskonto	$1 / (1+i)^n$		
<i>Net Cashflow</i>	Rp1.405.885.908,43		
(dalam jutaan)			
Tahun ke- (n)	<i>Net Cashflow</i> (Rp)	Faktor Diskonto	<i>Net Present Value</i> (Rp)
0	-4.983,76	1,000	-4.983,76
1	1.405,89	0,867	1.218,79
2	1.405,89	0,752	1.056,60
3	1.405,89	0,652	915,99
4	1.405,89	0,565	794,09
5	1.405,89	0,490	688,41
6	1.405,89	0,425	596,80
7	1.405,89	0,368	517,38
8	1.405,89	0,319	448,53
9	1.405,89	0,277	388,84
10	1.405,89	0,240	337,09
11	1.405,89	0,208	292,23
12	1.405,89	0,180	253,34
13	1.405,89	0,156	219,63
14	1.405,89	0,135	190,40
15	1.405,89	0,117	165,06
16	1.405,89	0,102	143,10
17	1.405,89	0,088	124,05
18	1.405,89	0,076	107,55
19	1.405,89	0,066	93,23
20	1.405,89	0,057	80,83
Penilaian Investasi:		<b>NPV</b>	<b>3.648,20</b>
		<b>IRR</b>	<b>28,01%</b>
Metode NPV		<b>Layak</b>	
Metode IRR		<b>Layak</b>	

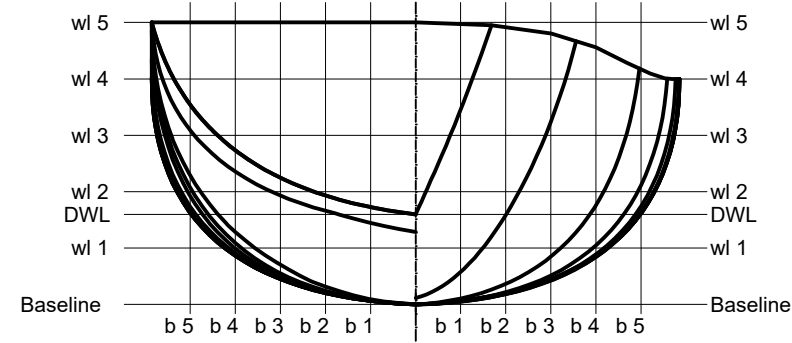
## PERHITUNGAN PAYBACK PERIODE

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

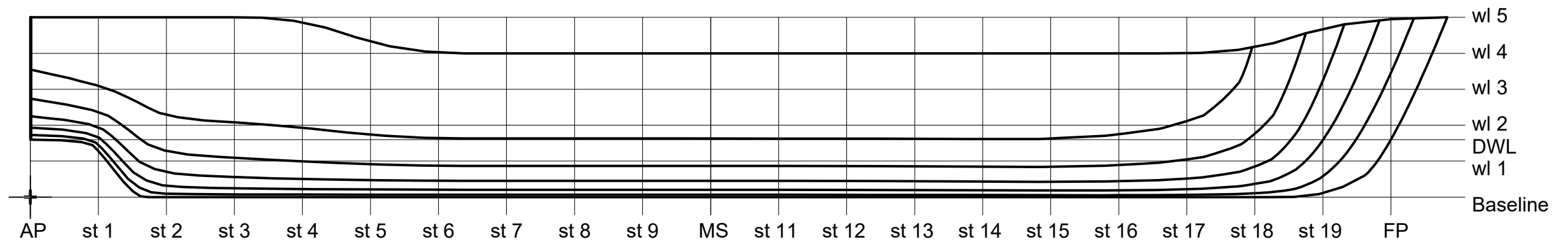
Tahun ke- (P)	Discounted Net Cashflow	Accumulated Net Cashflow
0	-4.983.758.845,64	-4.983.758.845,64
1	1.218.793.490,22	-3.764.965.355,41
2	1.056.598.947,97	-2.708.366.407,45
3	915.988.923,31	-1.792.377.484,14
4	794.090.992,84	-998.286.491,30
5	688.414.989,38	-309.871.501,93
6	596.802.132,09	286.930.630,16
7	517.380.926,27	804.311.556,44
8	448.528.931,92	1.252.840.488,35
9	388.839.620,00	1.641.680.108,35
10	337.093.639,50	1.978.773.747,86
11	292.233.908,14	2.271.007.656,00
12	253.344.017,98	2.524.351.673,98
13	219.629.514,78	2.743.981.188,75
14	190.401.668,63	2.934.382.857,39
15	165.063.404,41	3.099.446.261,79
16	143.097.104,51	3.242.543.366,30
17	124.054.034,83	3.366.597.401,13
18	107.545.177,87	3.474.142.579,00
19	93.233.285,79	3.567.375.864,79
20	80.825.991,01	3.648.201.855,79
P =	Tahun terakhir kas kumulatif negatif	
P =	5	
	Kas kumulatif P =	309.871.501,93
	Arus kas P+1 =	596.802.132,09
Pp =	5,52	tahun
	5,00	
	6,23	bulan
	6,00	
	6,92	hari
	Payback periode =	<b>5 Tahun 6 Bulan 7 Ha</b>

**LAMPIRAN D**  
**DESAIN RENCANA GARIS**

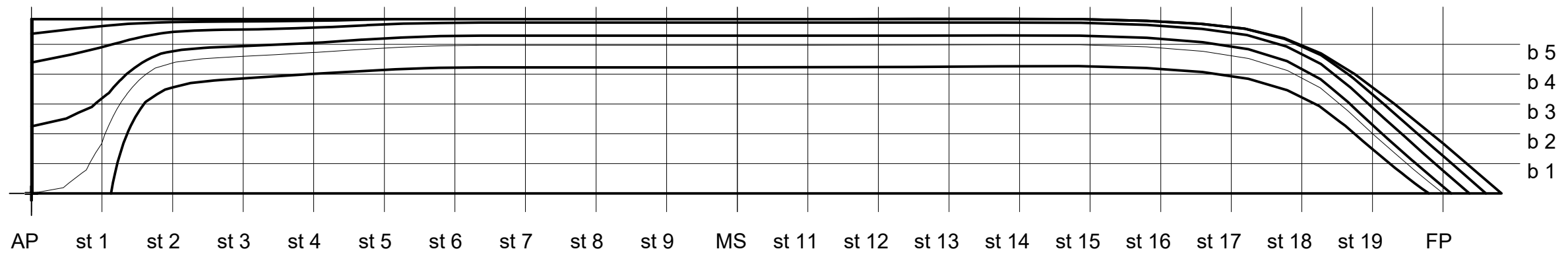
# BODY PLAN



# SHEER PLAN



# HALF BREATH PLAN



## MAIN DIMENSIONS

Ship Type	Fishing Vessel
Length Overall	19.550 m
Length Between Perpendicular	18.620 m
Breadth	3.950 m
Height	2.000 m
Draft	0.800 m
Complements	7 person



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

DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH TUNA  
DENGAN *HYBRID PROPULSION SYSTEM*

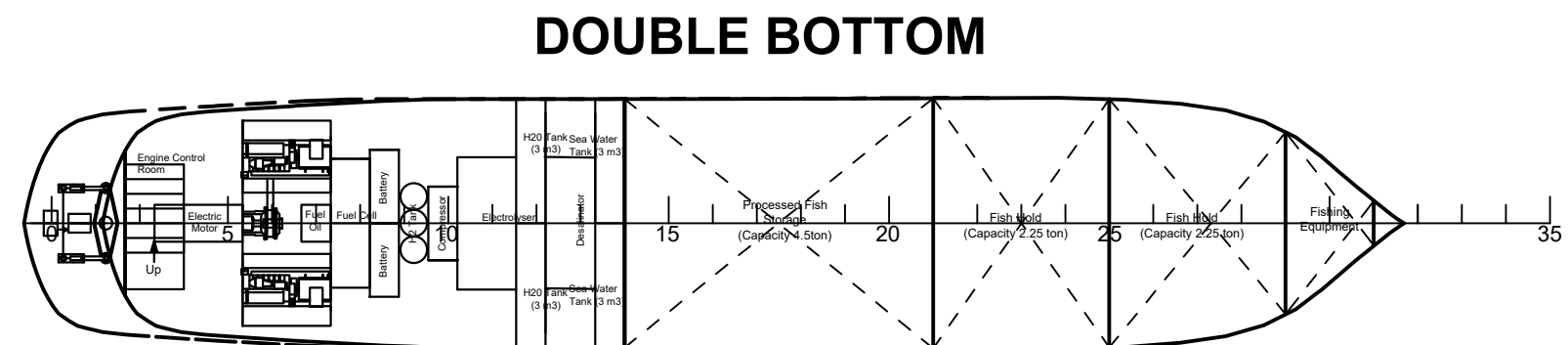
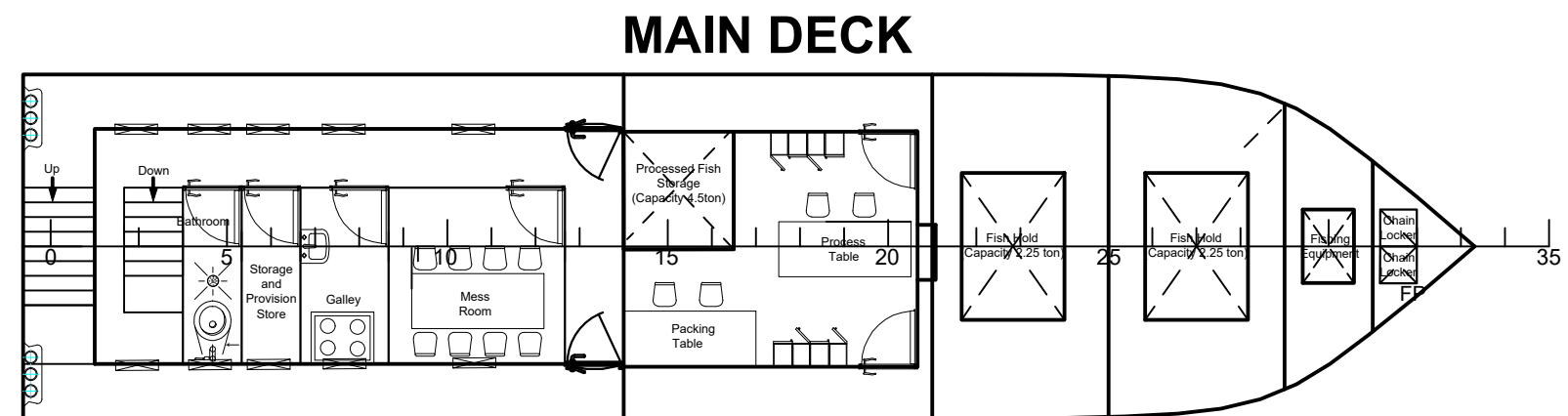
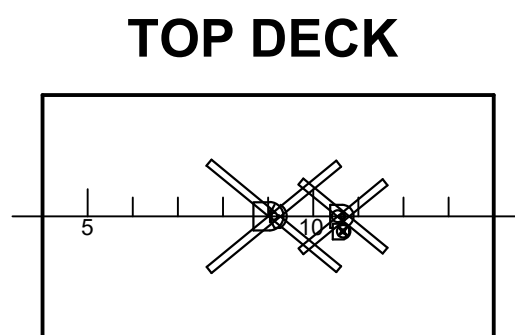
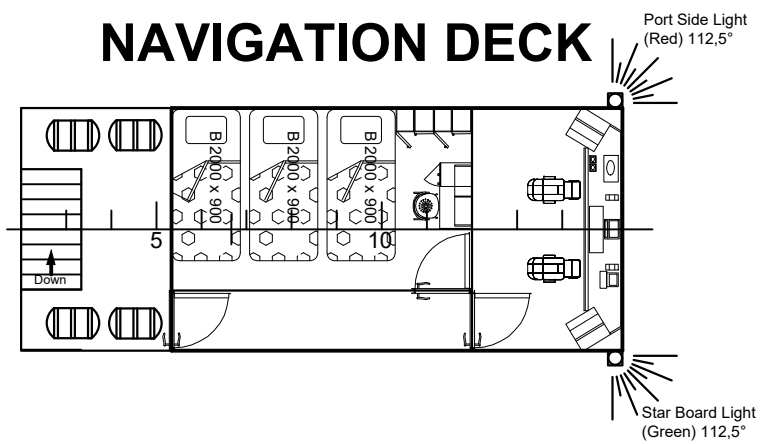
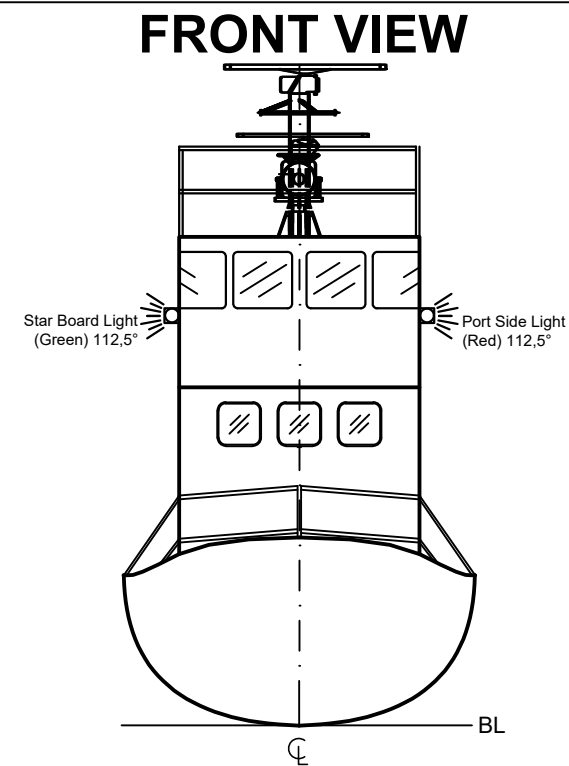
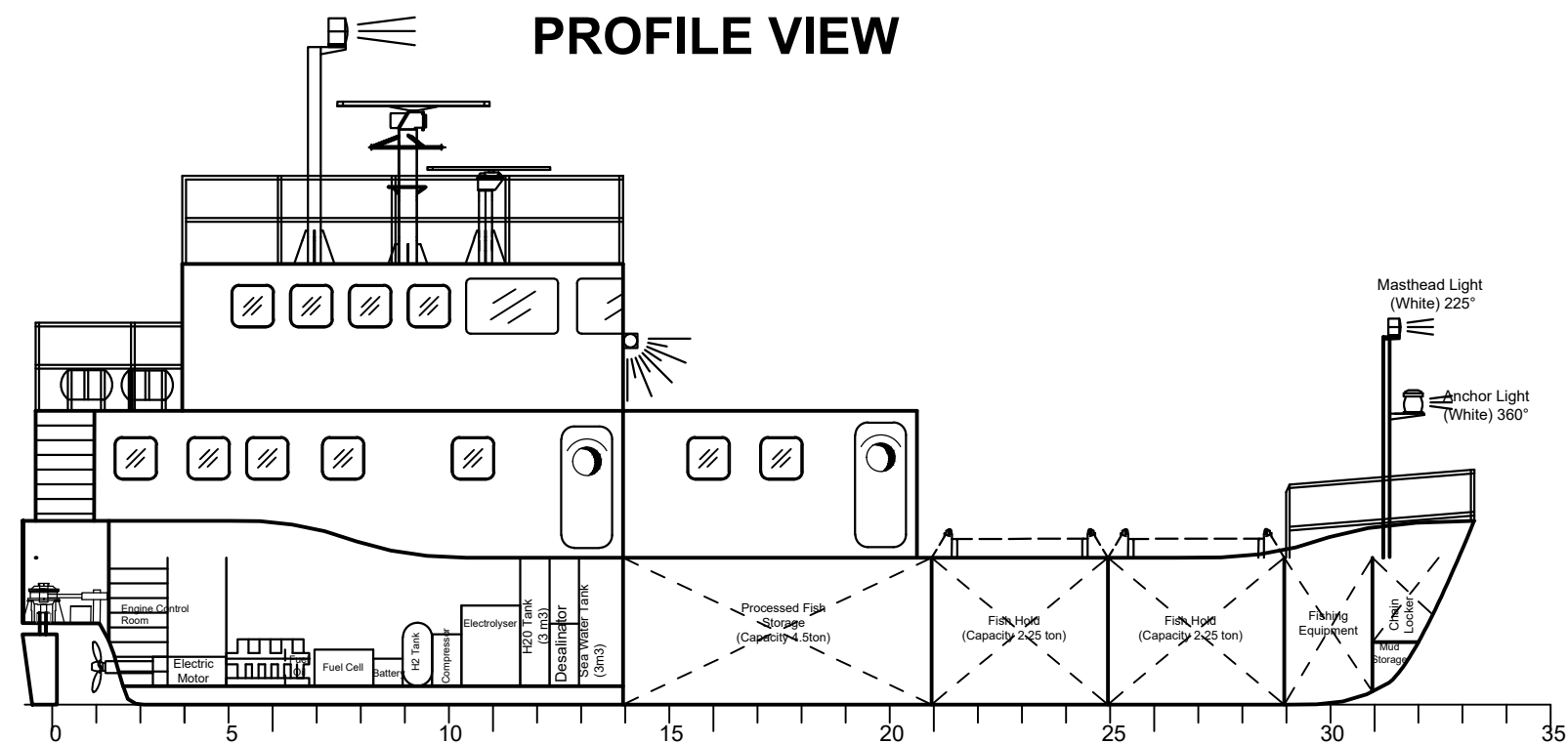
## LINES PLAN

SCALE	1: 150	SIGNATURE	DATE	REMARK
DRAWN	Iqbal Abdul Rahman			0411164000097
APPROVED	Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.			A3



**LAMPIRAN E**  
**DESAIN RENCANA UMUM**





MAIN DIMENSIONS	
Ship Type	Fishing Vessel
Length Overall	19.550 m
Length Between Perpendicular	18.620 m
Breadth	3.950 m
Height	2.000 m
Draft	0.800 m
Complements	7 person

DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

**DESAIN KAPAL PENANGKAP DAN PENGOLAH IKAN**

**DENGAN HYBRID PROPULSION SYSTEM**

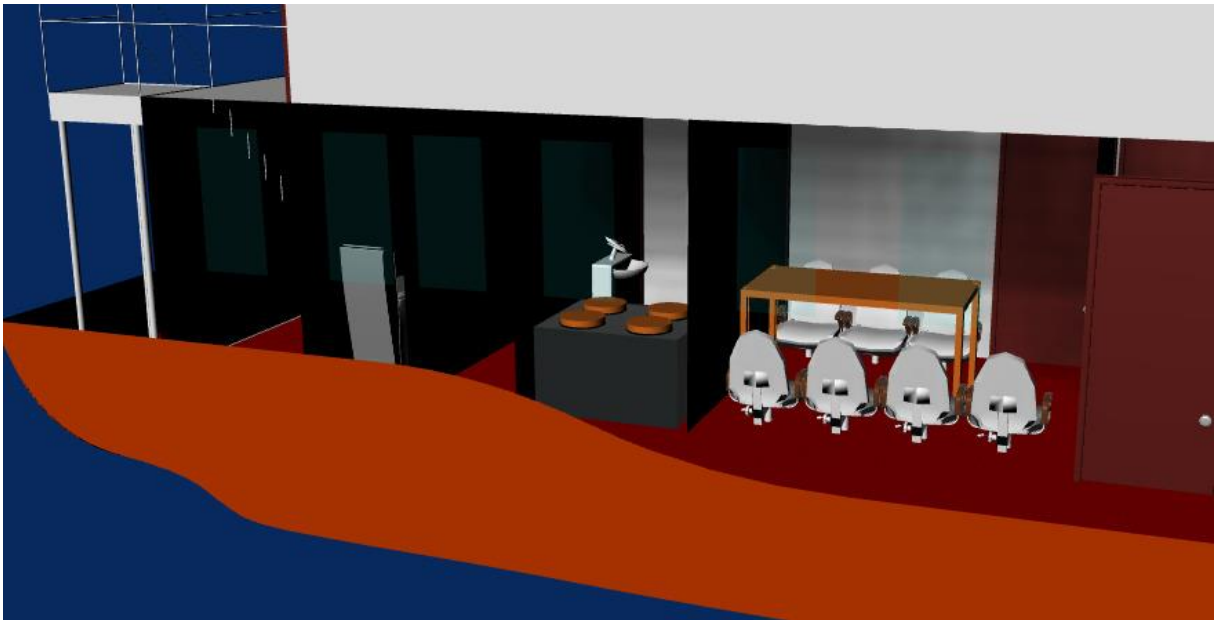
#### LINES PLAN

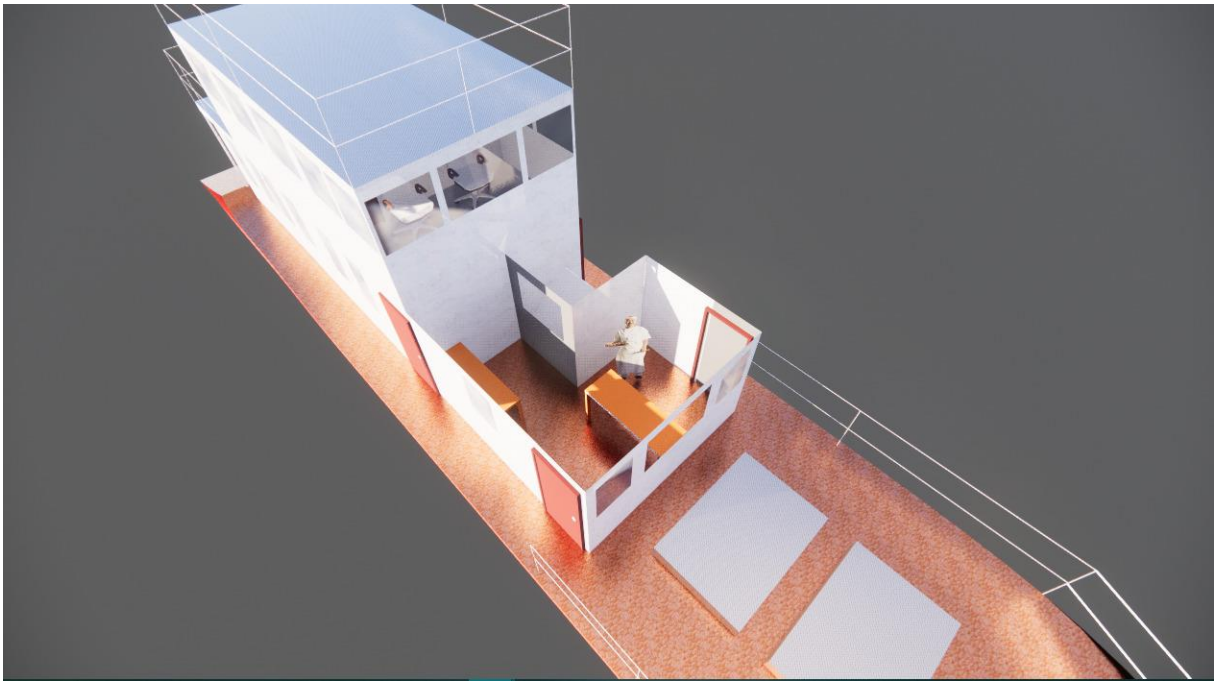
SCALE	1: 150	SIGNATURE	DATE	REMARK
DRAWN	Iqbal Abdul Rahman			0411164000097
APPROVED	Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.			A3



**LAMPIRAN F**  
**MODEL 3D**













## BIODATA PENULIS



Iqbal Abdul Rahman, merupakan nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 12 Januari 1997 silam, Penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara dari pasangan Sugandi dan Nini Indriyani. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada SD Al Azhar 19 Sentra Primer Jakarta Timur, SMP Nurul Fikri Boarding School Serang, dan SMAN 21 Jakarta. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan Fakultas Teknologi Kelautan Institut Teknologi Sepuluh Nopember pada tahun 2016 melalui jalur Mandiri.

Email : [iqbalabdul1201@gmail.com](mailto:iqbalabdul1201@gmail.com)