



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP (MDPS)  
MENGGUNAKAN LAMBUNG KATAMARAN UNTUK  
PERAIRAN INDONESIA**

**Fauzi Pramana Putra  
NRP 04111540000072**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

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





---

**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP (MDPS)  
MENGGUNAKAN LAMBUNG KATAMARAN UNTUK  
PERAIRAN INDONESIA**

**Fauzi Pramana Putra  
NRP 04111540000072**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

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





---

**FINAL PROJECT - MN 184802**

**DESIGN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP (MDPS)  
USING CATAMARAN HULL FOR INDONESIAN WATERS**

**Fauzi Pramana Putra  
NRP 041115410000072**

**Supervisor  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**

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



## LEMBAR PENGESAHAN

# DESAIN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP (MDPS) MENGGUNAKAN LAMBUNG KATAMARAN UNTUK PERAIRAN INDONESIA

### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**FAUZI PRAMANA PUTRA**  
NRP 04111540000072

Disetujui oleh:

Dosen Pembimbing

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

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

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



SURABAYA, 5 AGUSTUS 2020



## **LEMBAR REVISI**

# **DESAIN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP (MDPS) MENGGUNAKAN LAMBUNG KATAMARAN UNTUK PERAIRAN INDONESIA**

### **TUGAS AKHIR**

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 5 Agustus 2020

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

Oleh:

**FAUZI PRAMANA PUTRA**  
NRP 04111540000072

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. ....
2. Hasanudin, S.T., M.T. ....
3. Danu Utama, S.T., M.T. ....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



SURABAYA, 5 AGUSTUS 2020



## **HALAMAN PERUNTUKAN**

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunia-Nya Tugas Akhir yang berjudul "*Desain Marine Disaster Prevention Ship (MDPS) Menggunakan Lambung Katamaran Untuk Perairan Indonesia*" ini dapat diselesaikan dengan baik.

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

1. Bapak Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir penulis yang telah berkenan meluangkan waktu, memotivasi dan membagikan ilmunya dalam membimbing pengerjaan Tugas Akhir juga sebagai Ketua Departemen Teknik Perkapalan FTK-ITS
2. Ibu Sri Rejeki Wahyu Pribadi, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini
3. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini
4. Bapak Danu Utama, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan kritik dan sarannya untuk perbaikan Laporan Tugas Akhir ini
5. Orang tua tercinta penulis: Kasiman dan Yuli Retno Wati
6. Tri Ayu Wulansari, S.Pd. yang telah memberikan semangat dan masukan terhadap Penulis;
7. Rekan-rekan P55 SAMUDRA RAKSA, HIMATEKPAL, dan rekan satu dosen wali yang telah memberikan pembelajaran serta pengalaman berharga dalam hidup saya;
8. Rekan-rekan satu dosen bimbingan Tugas Akhir yang selalu menjadi partner terbaik untuk segera menyelesaikan Tugas Akhir ini serta nama-nama lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu.

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, 5 Agustus 2020

Fauzi Pramana Putra



**DESAIN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP (MDPS)  
MENGGUNAKAN LAMBUNG KATAMARAN UNTUK PERAIRAN  
INDONESIA**

Nama Mahasiswa : Fauzi Pramana Putra  
NRP : 04111540000072  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

**ABSTRAK**

Menurut peraturan perundang-undangan RI nomor 32 tahun 2014 tentang kelautan menyebutkan bahwa untuk menjamin keselamatan kelautan, fasilitas kepelabuhanan, termasuk fasilitas lingkungan dan pencegahan pencemaran lingkungan harus tersedia. Tugas akhir ini berupa desain kapal tipe *Marine Disaster Prevention* dengan model lambung katamaran. Dalam prosesnya, desain kapal ini menggunakan *parent design approach* dengan mengacu pada suatu desain kapal pembanding yang sudah berlayar dengan baik. Proses desain ini mengacu pada kapal “KN Pacitan” milik Badan SAR Nasional (BASARNAS) sebagai kapal pembanding. *Payload* berasal dari peralatan penangan minyak seperti *Oil Boom*, *Oil Skimmer*, *Oil Storage*, *Dispersant*, *Transfer Pump*, *Powerpack* dengan berat total *payload* 219.10 ton. Perhitungan teknis dilakukan menggunakan *rules* kapal katamaran. Dari perhitungan teknis didapatkan; Loa = 60 m, B = 16,8 m, T = 1,85 m, H = 4,5 m, B1 = 5 m, CB = 0,412, dan Vs = 30 knots. Kemudian dari ukuran utama tersebut dibuat Rencana Garis (*Lines Plan*), Rencana Umum (*General Arrangement*), Model 3D, serta melakukan analisis biaya pembangunan kapal. Dan didapatkan besar biaya pembangunan dari *Marine Disaster Prevention Ships* (MDPS) ini adalah Rp. 50.661 Miliar.

Kata kunci: ,Indonesia, tumpahan minyak, MDPS, katamaran, *parent design approach*



# **DESIGN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP USING CATAMARAN HULL FOR INDONESIAN WATERS**

Author : Fauzi Pramana Putra  
Student Number : 04111540000072  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.

## **ABSTRACT**

According to the Republic of Indonesia law number 32 of 2014 concerning maritime states that to ensure maritime safety, port facilities, including environmental facilities and prevention of environmental pollution must be available. This final project is a Marine Disaster Prevention type ship design with a catamaran hull model. In the process, the design of this ship uses a parent design approach concerning a comparative ship design that has sailed well. This design process refers to the "KN Pacitan" ship owned by the National SAR Agency (BASARNAS) as a comparison ship. The payload comes from oil handling equipment such as Oil Boom, Oil Skimmer, Oil Storage, Dispersant, Transfer Pump, Powerpack with a total payload weight of 219.10 tons. Technical calculations are performed using catamaran ship rules. From technical calculations obtained; Loa = 60 m, B = 16.8 m, T = 1.85 m, H = 4.5 m, B1 = 5 m, CB = 0.412, and Vs = 30 knots. Then from the main dimensions, a Lines Plan, General Arrangement, 3D Model are made, and an analysis of the cost of shipbuilding is made. And the amount of development costs obtained from the Marine Disaster Prevention Ships (MDPS) is Rp. 50,661 billion.

Keyword : Indonesia, Oil Spill, Catamaran, MDPS, parent design approach.



## DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	v
LEMBAR REVISI.....	vii
HALAMAN PERUNTUKAN.....	ix
KATA PENGANTAR.....	xi
ABSTRAK.....	xiii
ABSTRACT .....	xv
DAFTAR ISI .....	xvii
Bab 1 PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang Masalah .....	1
1.2. Perumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan .....	2
1.4. Batasan Masalah .....	3
1.5. Manfaat .....	3
1.6. Hipotesis .....	3
Bab 2 STUDI LITERATUR.....	5
2.1. <i>Marine Disaster</i> .....	5
2.2. <i>Marine Disaster Prevention Ship (MDPS)</i> .....	5
2.3. Misi Kapal <i>Marine Disaster Prevention Ship (MDPS)</i> .....	8
2.4. Wilayah Operasi .....	8
2.5 Peralatan Kapal MDPS .....	8
2.5.1. <i>Oil Boom</i> .....	8
2.5.2. <i>Oil Skimmer</i> .....	9
2.5.3. <i>Oil Storage</i> .....	9
2.5.4. <i>JIB Crane</i> .....	10
2.5.5. <i>Dispersant Spray System</i> .....	10
2.5.6. <i>Transfer Pump</i> .....	11
2.5.7. <i>Power Pack</i> .....	11
2.6 Katamaran.....	11
2.6.1. Jenis Lambung Katamaran.....	12
2.7. Alat Labuh .....	13
2.7.1. Jangkar.....	13
2.7.2. Rantai Jangkar .....	13
2.7.3. <i>Anchor Winch</i> .....	14
2.7.4. <i>Hawse pipe</i> dan <i>Anchor Pocket</i> .....	14
2.8. Proses Desain Kapal .....	14
2.8.1. <i>Concept Design</i> .....	14
2.8.2. <i>Preliminary Design</i> .....	15
2.8.3. <i>Contract Design</i> .....	15
2.8.4. <i>Detail Design</i> .....	15
2.8.5. <i>System Based Ship Design</i> .....	15
2.9 Metode Desain Kapal .....	16
2.9.1 <i>Parent Design Approach</i> .....	16
2.9.2 <i>Trend Curve Approach</i> .....	16

2.9.3	<i>Iterative Design Approach</i>	17
2.9.4	<i>Parametric Design Approach</i>	17
2.9.5	<i>Optimation Design Approach</i>	17
2.10	Stabilitas.....	17
2.10	Faktor Ekonomis Desain Kapal .....	18
2.10.1	Biaya Pembangunan.....	18
2.10.2	Biaya Operasional.....	18
Bab 3	METODOLOGI.....	20
3.1.	Diagram Alir .....	20
3.2.	Langkah Pengerjaan .....	21
3.2.1.	Identifikasi Masalah .....	21
3.2.2.	Pengumpulan Data .....	21
3.2.3.	Studi Literatur .....	22
3.2.4.	Penentuan Ukuran Utama Kapal.....	22
3.2.5.	Perhitungan Teknis .....	22
3.2.6.	Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum, dan Desain 3D kapal .....	22
3.2.7.	Analisa Ekonomis .....	23
3.2.8.	Kesimpulan dan Saran .....	23
Bab 4	Analisis Teknis .....	25
4.1.	Wilayah Indonesia.....	25
4.2.	Tinjauan Lokasi .....	25
4.3.	Jarak Tempuh.....	27
4.4.	Penentuan <i>Payload</i> .....	28
4.4.1	Penentuan panjang <i>Oil Boom</i> .....	28
4.4.2	Penentuan <i>Oil Skimmer</i> .....	28
4.4.3	Penentuan <i>Oil Storage</i> .....	29
4.5.	Sketsa <i>Layout</i> dan Penentuan Ukuran Utama.....	29
4.5.1.	<i>Layout</i> Kapal Pembanding.....	29
4.5.2.	Penentuan Ukuran Utama Kapal.....	31
4.5.3.	Hasil Ukuran Utama Baru.....	32
4.6.	Perhitungan Teknis Kapal Katamaran .....	33
4.6.1.	Perhitungan <i>Froude Number</i> .....	33
4.6.2.	Perhitungan <i>Displacement</i> .....	33
4.7.	Perhitungan Hambatan.....	34
4.7.1.	<i>Catamaran Viscous Resistance Interference</i> .....	34
4.7.2.	<i>Catamaran Wave Resistance Interference</i> .....	35
4.7.3.	<i>Wave resistance</i> .....	36
4.8.	Perhitungan <i>Power</i> dan Pemilihan Mesin Induk .....	37
4.8.1.	Perhitungan <i>Power</i> .....	37
4.8.2.	Pemilihan Mesin Induk dan Genset .....	38
4.9.	Perhitungan Konstruksi.....	39
4.9.1.	Perhitungan Beban .....	39
4.9.2.	Tebal Pelat .....	42
4.9.3.	Perencanaan Konstruksi Lambung .....	43
4.10.	Perhitungan Berat Kapal .....	43
4.10.1	Perhitungan DWT .....	44
4.10.2	Perhitungan LWT.....	44
4.11.	Perhitungan Titik Berat Kapal .....	47
4.11.1	Perhitungan DWT .....	47

4.11.2. Perhitungan LWT .....	47
4.12. Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	48
4.13. Perhitungan Trim.....	49
4.14. Perhitungan Stabilitas .....	49
4.14.1. Langkah-langkah pemeriksaan stabilitas .....	49
4.14.2. Pemeriksaan kondisi Stabilitas .....	50
4.14.3. <i>Loading Condition</i> .....	51
4.15. Pembuatan Rencana Garis .....	53
4.16. Pembuatan Rencana Umum.....	53
4.16.1. Data Utama Kapal .....	55
4.16.2. Penentuan Panjang Konstruksi .....	55
4.16.3. Penentuan Jarak Gading .....	55
4.16.4. Tinggi <i>Floor</i> .....	55
4.16.5. Perencanaan Sekat Kedap.....	55
4.16.6. Perencanaan Tangki.....	56
4.16.7. Perencanaan Lampu Navigasi .....	56
4.16.8. Layout Ruangan.....	57
4.16.9. Penentuan Sistem Keselamatan .....	58
Bab 5      Analisa Ekonomis.....	65
5.1. Biaya Pembangunan Kapal.....	65
Bab 6      Kesimpulan dan Saran .....	71
6.1. Kesimpulan.....	71
6.2. Saran .....	72
DAFTAR PUSTAKA.....	74

## LAMPIRAN

LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG

LAMPIRAN B PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS

LAMPIRAN C *LINES PLAN*

LAMPIRAN D *GENERAL ARRANGEMENT*

LAMPIRAN E *3D MODEL*

BIODATA PENULIS



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Kapal Marine Disaster Prevention Ship (MDPS) KN.Trisula.....	6
Gambar 2.2. Kapal Marine Disaster Prevention Ship (MDPS) KN.Sarotama .....	7
Gambar 2.3. Kapal Marine Disaster Prevention Ship (MDPS) KN.Alugara .....	7
Gambar 2.4. <i>Oil Boom</i> .....	8
Gambar 2.5. <i>Oil Skimmer</i> .....	9
Gambar 2.6. <i>Floating Oil Storage</i> .....	9
Gambar 2.7. <i>Jib Crane</i> .....	10
Gambar 2.8. <i>Dispersant System</i> .....	10
Gambar 2.9. <i>Transfer Pump</i> .....	11
Gambar 2.10. <i>Power Pack</i> .....	11
Gambar 2.11. Kapal Katamaran KN.Pacitan.....	12
Gambar 2.12. Improvisasi Aliran Fluida pada Katamaran.....	13
Gambar 2.13. <i>Spiral Design Concept</i> .....	14
Gambar 2.14. <i>System Based Ship Design</i> .....	16
Gambar 3.1.Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	20
Gambar 4.1 Lokasi kapal tanker di perairan Indonesia .....	25
Gambar 4.2 Lokasi Pelabuhan Batu Ampar .....	26
Gambar 4.3.Grafik pertukaran minyak di selat Malaka .....	27
Gambar 4.4 Kepadatan Lalu lintas kapal tanker di selat Malaka .....	27
Gambar 4.5 Jarak tempuh kapal MDPS .....	28
Gambar 4.6 Layout kapal katamaran KN.Pacitan Basarnas.....	30
Gambar 4.7 Layout awal kapal katamaran MDPS .....	30
Gambar 4.8 Layout awal rincian diatas deck .....	31
Gambar 4.9 Mesin Induk .....	38
Gambar 4.10 Spesifikasi mesin yang akan dipakai .....	39
Gambar 4.11 Geladak Utama .....	57
Gambar 4.12 Geladak kedua .....	58
Gambar 4.13 Rencana Garis.....	60
Gambar 4.14 Rancangan Umum .....	61
Gambar 4.15 3D tampak perspektif.....	62
Gambar 4.16 3D tmpak samping.....	62
Gambar 4.17 3D tampak atas .....	63



## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1.Panjang dan Kedalaman di pelabuhan di Batam .....	26
Tabel 4.2.Data teknis kapal KN.Pacitan Basarnas .....	29
Tabel 4.3.Batasan Rasio ukuran utama kapal katamaran .....	31
Tabel 4.4 Ukuran utama kapal katamaran KN.Pacitan Basarnas .....	32
Tabel 4.5 Penentuan ukuran utama dari kapal pembanding .....	32
Tabel 4.6 Perbandingan ukuran utama baru kedalam batasan rasio kapal katamaran .....	32
Tabel 4.7 Ukuran <i>Displacement</i> dari maxsurf.....	33
Tabel 4.8 Harga $\beta$ untuk tiga variasi S/B .....	35
Tabel 4.9 <i>wave resistance interference factor</i> .....	36
Tabel 4.10 Harga Cw untuk variasi Fn dan L/B1.....	36
Tabel 4.11 <i>Distribution Factors</i> Cf dan Cd.....	40
Tabel 4.12 Nilai Variabel Pembebanan.....	40
Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai Pembebanan $P_0$ dan $P_{01}$ .....	41
Tabel 4.14 Rekapitulasi Nilai $P_B$ .....	41
Tabel 4.15 Rekapitulasi Pembebanan Sisi dan Geladak.....	42
Tabel 4.16 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas .....	42
Tabel 4.17 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas.....	43
Tabel 4.18 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Sisi dan Pelat Geladak .....	43
Tabel 4.19 Perhitungan komponen berat DWT .....	44
Tabel 4.20 Perhitungan komponen berat LWT .....	45
Tabel 4.21 Rekapitulasi Titik Berat komponen DWT .....	47
Tabel 4.22 Rekapitulasi Titik berat komponen LWT .....	47
Tabel 4.23 Rekapitulasi perhitungan titik berat dan koreksi <i>displacemen</i> .....	48
Tabel 4.24 <i>Freeboard</i> hasil dari perhitungan .....	48
Tabel 4.25 <i>Loadcase</i> 100% Bahan Bakar.....	50
Tabel 4.26 Hasil analisis kriteria .....	51
Tabel 4.27 Rekapitulasi hasil analisis kriteria .....	52
Tabel 4.28 Ukuran utama kapal MDPS.....	55
Tabel 5.1 Biaya pembangunan kapal.....	65



## DAFTAR SIMBOL

L	= Panjang kapal (m)
Loa	= <i>Length overall</i> (m)
Lpp	= <i>Length perpendicular</i> (m)
Lwl	= <i>Length of waterline</i> (m)
B <sub>1</sub>	= Lebar satu <i>hullcatamaran</i> (m)
T	= Sarat kapal (m)
H	= Tinggi lambung kapal (m)
B	= Lebar keseluruhan kapal
S	= Lebar <i>demihull</i> (m)
V <sub>s</sub>	= Kecepatan dinas kapal (knot)
V <sub>max</sub>	= Kecepatan maksimal kapal (knot)
$\rho$	= Massa jenis ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )
F <sub>n</sub>	= <i>Froud number</i>
R <sub>n</sub>	= <i>Reynold number</i>
C <sub>b</sub>	= Koefisien blok
C <sub>p</sub>	= Koefisien prismatic
C <sub>m</sub>	= Koefisien midship
C <sub>wp</sub>	= Koefisien <i>water plane</i>
$\Delta$	= <i>Displacement</i> kapal (ton)
$\nabla$	= <i>Volume displacement</i> ( $\text{m}^3$ )
LCB	= <i>Longitudinal center of bouyancy</i> (m)
LCG	= <i>Longitudinal center of gravity</i> (m)
VCG	= <i>Vertical center of gravity</i> (m)
LWT	= <i>Light weight tonnage</i> (ton)
DWT	= <i>Dead weight tonnasge</i> (ton)
R <sub>T</sub>	= Hambatan total (N)
WSA	= Luas permukaan basah ( $\text{m}^2$ )
$v$	= Koefisien viskositas kinematik ( $\text{m}^2/\text{s}$ )
$\beta$	= Faktor interferensi hambatan gesek
$\tau$	= Faktor interferensi hambatan gelombang
(1+ $\beta k$ )	= <i>Catamaran viscous resistance interference</i>
$\eta$	= Koefisien dari efisiensi
C <sub>w</sub>	= Koefisien hambatan gelombang
C <sub>F</sub>	= Koefisien hambatan gesek
C <sub>T</sub>	= Koefisien hambatan total
EHP	= <i>Effectif horse power</i> (hp)
THP	= <i>Thrust horse power</i> (hp)
BHP	= <i>Break horse power</i> (hp)
DHP	= <i>Delivered horse power</i> (hp)



# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang Masalah

Indonesia adalah negara kepulauan dengan lebih dari 17.000 pulau yang tersebar dari Sabang sampai Merauke, memiliki total wilayah dan zona ekonomi eksklusif yang terbesar ketiga di dunia. Indonesia yang merupakan negara kepulauan menjadikan laut sebagai salah satu jalur transportasi selain darat dan udara. Adanya transportasi laut ini memberikan dampak positif serta negatif bagi manusia juga lingkungan. Adapun dampak positif adalah sebagai jalur transportasi antar pulau yang sulit diakses dengan jalur darat maupun udara. Namun dengan memanfaatkan laut sebagai jalur transportasi tidak menutup kemungkinan terjadi kecelakaan kapal. Apabila terjadi kecelakaan kapal bisa menjadi salah satu sumber pencemaran di laut. (Kompas.com, 2020).

Sumber dari pencemaran laut ini diantaranya adalah tumpahan minyak (*oil spill*), sisa damparan amunisi perang, buangan dari proses di kapal, buangan industri ke laut, proses pengeboran minyak di laut, buangan sampah dari transportasi darat melalui sungai, emisi transportasi laut dan buangan pestisida dari pertanian. Sumber utama pencemaran laut adalah berasal dari tumpahan minyak baik dari proses di kapal, pengeboran lepas pantai maupun akibat kecelakaan kapal. Polusi dari tumpahan minyak di laut merupakan sumber pencemaran laut yang selalu menjadi fokus perhatian dari masyarakat luas, karena akibatnya akan sangat cepat dirasakan oleh masyarakat sekitar pantai dan sangat signifikan merusak makhluk hidup di sekitar pantai tersebut. Badan Dunia *Group of Expert on Scientific Aspects of Marine Pollution* (GESAMP) mencatat sekitar 6,44 juta ton per tahun kandungan hidrokarbon yang masuk ke dalam perairan laut dunia. (Clark, 2003)

Pencemaran yang terjadi di laut jelas sangat berdampak pada ekosistem laut dan dirasakan juga oleh masyarakat sekitar. Seperti contoh kasus tumpahan minyak di laut Karawang pada tahun 2019 yang menumpahkan 5000 barrel minyak ke laut yang mengakibatkan ekosistem laut mati dan banyak petani mengalami kerugian karena tambak mereka ikut tercemar. Maka dari itu perlu adanya kapal yang membantu mengatasi permasalahan pencemaran di laut, seperti kapal patroli. Kapal patroli di laut dan reaksi cepat

dalam menangani kecelakaan laut oleh *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) sangat penting untuk keselamatan maritim di Indonesia. (Sirojudin, 2017)

Di Indonesia sendiri terdapat beberapa kapal patroli kelas 1 yang khusus dibuat untuk perlindungan laut dari pencemaran khususnya dari tumpahan minyak. Namun, kapal kelas 1 jenis *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) di Indonesia jumlahnya masih sedikit. Kapal jenis MDPS yang sudah berpatroli di laut Indonesia menggunakan *monohull*. Penggunaan lambung dalam kapal MDPS berpengaruh pada stabilitas, hambatan, kecepatan yang mempengaruhi daya jelajah kapal, sehingga dalam fungsinya akan lebih efisien apabila kapal MDPS menggunakan lambung ganda atau katamaran. Oleh karena itu pada Tugas Akhir ini akan dibuat desain *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) dengan Lambung Katamaran untuk perairan di Indonesia.

### **1.2. Perumusan Masalah**

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

1. Bagaimana cara menentukan *Operational Requairement* untuk *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) ?
2. Bagaimana peralatan yang terdapat pada *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) untuk mencegah meluasnya pencemaran tumpahan minyak ?
3. Bagaimana menentukan *payload* dan ukuran utama *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) ?
4. Bagaimana mendesain Rencana Garis, Rencana Umum dan gambar 3D *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) ?
5. Berapa biaya pembangunan kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) ?

### **1.3. Tujuan**

Tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menentukan *Operational Requirement* untuk *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) yang meliputi :
  - Fungsi
  - Misi
  - Wilayah operasi

2. Mengetahui peralatan pencegahan meluasnya tumpahan minyak yang terpasang pada *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)
3. Mendapatkan Payload dan ukuran utama *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)
4. Membuat desain Rencana Garis, Rencana Umum dan desain 3D *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)
5. Memperoleh biaya pembangunan *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)

#### **1.4. Batasan Masalah**

Dalam Penggerjaan Tugas Akhir ini adapun batasan masalah diantaranya :

1. Pencemaran laut yang dimaksud dalam tugas akhir ini adalah pencemaran laut akibat tumpahan minyak
2. Tidak memperhitungkan perhitungan konstruksi, kekuatan memanjang dan kekuatan melintang
3. Aspek instalasi diatas kapal tidak dibahas
4. Analisa ekonomi hanya sebatas biaya pembangunan tanpa biaya operasional kapal

#### **1.5. Manfaat**

Manfaat dari Tugas Akhir ini adalah mendapatkan desain terbaik untuk sebuah kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) yang beroperasi di perairan Indonesia, juga mendukung penelitian dan pengembangan tentang kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) di Indonesia.

#### **1.6. Hipotesis**

Desain kapal katamaran *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) ini dapat mempercepat penanggulangan pencemaran laut akibat tumpahan minyak di perairan Indonesia.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 2

### STUDI LITERATUR

Pada bab ini dijelaskan tentang landasan teori dan tinjauan pustaka yang menjadi dasar penggeraan tugas akhir. Pada bab ini berisi tentang *Marine Disaster*, *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS), dan kapal katamaran. Pada masing-masing subbab akan dijelaskan mengenai hal-hal tersebut.

#### 2.1. *Marine Disaster*

*Marine Disaster* adalah peristiwa yang biasanya melibatkan kapal dan dapat melibatkan aksi militer. Karena sifat perjalanan maritim, sering kali ada banyak korban jiwa. Istilah bencana maritim dapat merujuk pada kapal komersial dan kapal angkatan laut militer. Bencana maritim dapat mengakibatkan satu atau lebih hal berikut secara bersamaan dianataranya:

- Hilangnya nyawa
  - Polusi lingkungan laut (dalam hal tumpahan minyak, pembuangan material yang kotor, sulfur yang dipancarkan dari bahan bakar, dll)
  - Degradasi ekosistem perairan
  - kerugian ekonomis dalam skala besar
  - Penghancuran properti darat (kecelakaan di pelabuhan tidak hanya terbatas pada kapal tetapi juga merusak tanah terdekat)
- (Wikipedia, 2020)

Karena dalam tugas akhir yang saya bahas lebih berfokus ke polusi lingkungan laut dalam hal ini adalah tumpahan minyak.

#### 2.2. *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)

*Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) merupakan salah satu jenis *spesial purpose vessels* untuk mengatasi bencana yang ada dilaut. Salah satu fungsi *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) adalah untuk mengawasi, menangani, serta mencegah terjadinya pencemaran laut. (Sirojudin, 2017)

Menurut *Japan International Cooperation Agency* (JICA) fungsi dari *marine disaster prevention unit* adalah sebagai berikut:

- a. Mencegah bencana laut terjadi dan menyebar
- b. Mobilisasi dari kapal-kapal penyelamat, peralatan dan bahan-bahan yang ditimbun
- c. Pelatihan yang berkaitan dengan pencegahan bencana laut

- d. Meneliti dan memperlajari teknologi yang diperlukan untuk pencegahan bencana laut

Bencana laut yang sering terjadi mengetahui luas lautan indonesia adalah tumpahan minyak. Tercatat pada tahun 2018 kemarin di teluk Balikpapan diperkirakan mencapai kurang lebih 40.000 barrel dikarenakan patahnya sambungan pipa minyak pertamina dibawah laut, dan 100 barrel tumpah karena aktifitas tongkang yang mengangkut batubara.

Sehingga terjadi pencemaran yang tak terelakkan, menyebabkan banyak populasi yang hidup dilautan mati. Pada tahun 2019 tepatnya dilaut Karawang telah terjadi tumpahan minyak yang sangat besar. Besarnya ini disebabkan tumpahan minyak terjadi setiap hari, dengan kisaran yang tumpah sebesar 5000 barrel. Karena itu banyak hewan laut dikawasan tersebut mati, akibatnya petani dirugikan karena banyaknya hewan yang mati berupa rajungan dll.

Saat ini di Indonesia hanya ada beberapa kapal tipe *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS), salah satu kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) yaitu KN. Trisula. Kapal KN. Trisula memiliki fungsi untuk keperluan *Search and Rescue, Oil spill recovery, Fire fighting, dan Disaster command and coordination*.



Gambar 2.1 Kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) KN.Trisula  
Sumber: (Trans, 2018)

Gambar diatas adalah gambar kapal KN. Trisula sedang berlayar dilautan, kapal tersebut adalah milik Kementerian Perhubungan Laut. Kapal yang dibangun oleh PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard tersebut sudah melakukan beberapa penanganan yang berhubungan dengan keadaan laut seperti pada bulan kemarin 5 Januari, pada hari minggu kapal tersebut mengevakuasi Anak Buah Kapal (ABK) Kapal Motor (KM) Permata Biru yang tenggelam di perairan Sumatera Selatan.



Gambar 2.2 Kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) KN. Sarotama  
Sumber: (Trans, BeritaTrans.com, 2020)

Kapal KN. Sarotama merupakan kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) yang dibangun bersamaan dengan kapal KN. Trisula di galangan PT. Dumas Tanjung Perak Shipyard karena keduanya adalah kapal sejenis yang memiliki ukuran panjang 61.8 meter, lebar kapal 8.5 meter, sarat kapal 3.2 meter. Kapal ini juga pernah melakukan operasi pencarian pada 13 September tahun 2017 silam. Kapal ini dikerahkan untuk membantu pencarian 5 orang korban yang belum ditemukan dari kecelakaan tabrakan kapal antara KM kartika Sagara dan JBB De Rong di perairan selat Singapura.



Gambar 2.3 Kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS) KN. Alugara  
Sumber: (Trans, BeritaTrans.com, 2016)

Seperti gambar diatas kapal milik Direktur Kesatuan Penjagaan Laut dan Pantai KN. Alugara dengan ukuran panjang 61 meter, lebar 8.5 meter, pada 9 agustus 2019 kemarin telah ditugaskan untuk melakukan pengawasan dan penanganan tumpahan minyak di Pantai Utara Jawa. Tumpahan minyak yang disebabkan oleh PT. Pertamina Hulu Energi *Offshore North*

*West Java* (PHE ONW) telah menumpahkan minyak ke perairan sekitar dengan total tumpahan secara kumulatif 4.803,42 barrel. Kapal tersebut telah memasang *Oil Boom* sepanjang 5700 meter tentunya dengan bantuan kapal-kapal lain.

### **2.3. Misi Kapal Marine Disaster Prevention Ship (MDPS)**

- a. Mengatasi perairan yang tercemar akibat tumpahan minyak
- b. Melakukan pembatasan wilayah perairan yang mengalami tumpahan minyak

### **2.4. Wilayah Operasi**

Wilayah operasi yang direncanakan yaitu daerah-daerah atau alur padat kapal tanker.

### **2.5. Peralatan kapal MDPS**

Seiring dengan adanya peraturan perundang-undangan RI nomor 32 tahun 2014 tentang kelautan yang mengharuskan perlindungan laut dari pencemaran, maka fasilitas kapal patroli kelas I jenis *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) yang jumlahnya masih sedikit di Indonesia harus ditambah. Fasilitas dan peralatan *Marine disaster prevention Ships* (MDPS):

#### **2.5.1. Oil Boom**

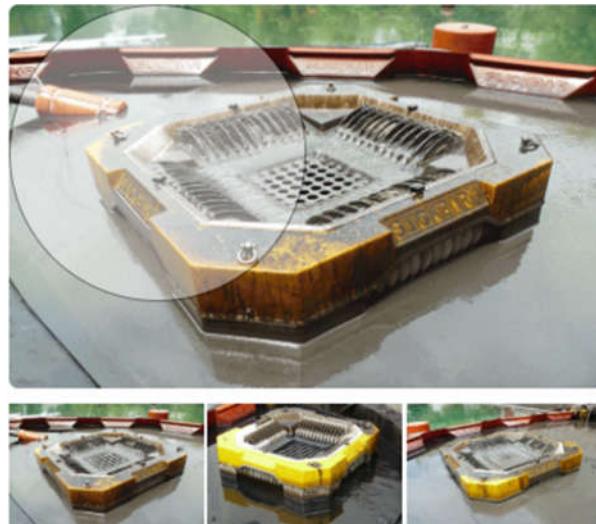
*Oil Boom* adalah alat yang memiliki fungsi mengisolasi dan mengurung tumpahan minyak di laut. *Oil Boom* dianggap merupakan sebuah cara yang efisien, namun tetap dalam penerapannya harus benar-benar tepat. Terdapat banyak sekali hal yang harus diperhatikan, dan yang paling utama adalah kecepatannya dalam penggelaran *Oil Boom*. Contoh *Oil Boom* dapat dilihat di gambar 2.4 berikut.



Gambar 2.4 *Oil Boom*. (Slickbar, 2020)

### **2.5.2. *Oil skimmer***

*Oil skimmer* adalah suatu alat yang digunakan untuk mengumpulkan minyak yang tumpah. *Oil skimmer* memiliki kemampuan untuk memisahkan minyak dari air dan memindahkannya ke tempat penampungan sementara (*temporary storage*). Contoh *Oil Skimmer* dapat dilihat di gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 *Oil Skimmer*. (Slikbar, 2020)

### **2.5.3. *Oil Storage***

*Oil Storage* adalah tempat penyimpanan sementara di perairan lepas, sehingga tumpahan minyak tadi dapat dibawa ke daratan agar menerima proses lebih lanjut. Contoh *Floating Oil Storage* dapat dilihat di gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 *Floating Oil Storage*. (Slikbar, Slikbar.co, 2020)

#### **2.5.4. JIB Crane**

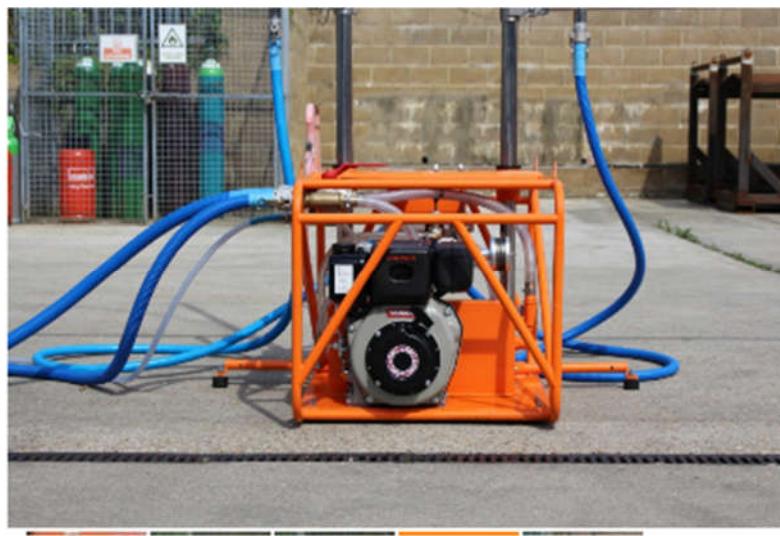
*Jib Crane* adalah jenis crane di mana anggota horizontal (*jib* atau *boom*), mendukung bergerak hoist, adalah tetap ke dinding atau ke tiang lantai-mount. *Crane jib* digunakan di tempat industri dan kendaraan militer. Contoh *JIB Crane* dapat dilihat di gambar 2.7 berikut.



Gambar 2.7 *Jib Crane*. (Pearaso, 2014)

#### **2.5.5. Dispersant Spray System**

*Oil Spill Dispersant* adalah sejumlah metode alternatif untuk *Oil Spill Combating* dengan *chemical agent*. *Oil Spill Dispersant* adalah campuran pengemulsi dan pelarut membantu memecah minyak menjadi tetesan kecil setelah tumpahan minyak. Contoh *Dispersant spray system* dapat dilihat di gambar 2.8 berikut.



Gambar 2.8 *Dispersant System*.(Slikbar, Slikbar.co, 2020)

### **2.5.6. Transfer Pump**

*Transfer Pump* sering disebut juga dengan istilah pompa pengisi atau pemindah atau angkat. Fungsi pompa ini memindahkan *oil* dari satu tempat ke tempat lain secara otomatis ataupun dengan cara manual (*On/Off*). Pompa ini digunakan untuk memindahkan minyak dari *Temporary Oil Storage* ke penyimpanan di dermaga. Contoh *Transfer Pump* dapat dilihat di gambar 2.9 berikut.



Gambar 2.9 *Transfer Pump*. (HeksaMandiri, 2017)

### **2.5.7. Power Pack**

*Powerpack* digunakan untuk perangkat contreng pelepas operasi seperti *skimmer*, pompa *transfer*, dan gulungan *boom*. *Power Pack* juga dapat disebut dengan pompa *hydraulic*. Contoh dari *Powerpack* dapat dilihat Digambar 2.10 berikut.



Gambar 2.10 *Powerpack*. (Slikbar, Slikbar.co, 2020)

## **2.6. Katamaran**

Katamaran adalah sebuah kapal yang memiliki lambung ganda yang dapat mengurangi *slamming* dan *deck wetness* pada kapal tersebut. Karakter tahanan di air tenang tipe katamaran

lebih besar dibandingkan dengan kapal *monohull*. Dominasi tahanan gesek mencapai 40% dari tahanan total pada kecepatan rendah. penurunan kecepatan akibat kondisi gelombang tinggi tidak dijumpai pada kasus katamaran. Kapal tipe ini dapat dioperasikan pada kecepatan relative tinggi dan masih mempunyai kosumsi bahan bakar yang dapat diterima secara ekonomis. Tahanan tambahan akibat gelombang pada pada kapal katamaran adalah kecil dan kualitas *seakeeping* relative bagus untuk beroperasi pada kecepatan cepat antara 25-40 knots. (Wijholst, 1996)

Hal ini sudah dibuktikan dengan beroperasinya kapal katamaran KN. Pacitan milik Basarnas. Kapal tersebut merupakan tipe kapal cepat katamaran yang mampu bergerak dengan kecepatan maksimal mencapai 29 knot. Selain mempunyai stabilitas yang tinggi dan mampu beroperasi dalam kondisi cuaca buruk, kapal berbahan aluminium ini juga dilengkapi helideck untuk landasan helikopter.

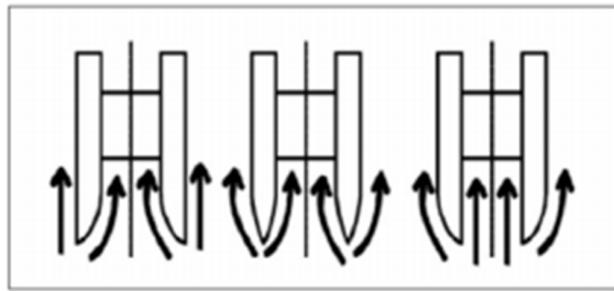


Gambar 2.11 Kapal Katamaran KN. Pacitan  
Sumber: (Fleetmon, 2020)

### 2.6.1. Jenis Lambung Katamaran

Terdapat banyak jenis lambung katamaran, secara umum katamaran dibedakan menjadi tiga bentuk dasar diantaranya:

1. Asimetris dengan bagian dalam lurus
2. Asimetris dengan bagian luar lurus
3. Simetris



Gambar 2.12 Improvisasi Aliran Fluida pada Katamaran (Wijholst, 1996)

a. Katamaran Asimetris

Pada bentuk badan kapal asimetris, lambung yang berbentuk lurus akan mengalami perubahan tekanan yang drastis, berbeda dengan lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan aliran akan berkurang dengan terdistribusinya aliran air mengikuti kelengkungan bentuk ujung depan. Desain *demihull* yang asimetris bertujuan untuk mengurangi tahanan total dengan cara menghilangkan efek interferensi dan semburan gelombang air pada daerah diantara *demihull*.

b. Katamaran Simetris

Dengan kedua lambung yang berbentuk lengkung, maka tekanan relatif lebih kecil apabila dibandingkan dengan katamaran asimetris sehingga tekanan pada penyangga relatif lebih kecil. Selain itu olah gerak kapal juga relatif lebih baik jika dibandingkan dengan katamaran asimetris. Keunggulan lain dari katamaran simetris adalah hambatan total yang lebih kecil.

## 2.7. Alat Labuh

Alat tambat merupakan suatu sistem yang digunakan untuk berlabuh, beberapa kelengkapan yang harus terdapat di kapal diantaranya adalah:

### 2.7.1. Jangkar

Jangkar merupakan salah satu komponen kapal yang paling penting dan berfungsi untuk membatasi gerakan kapal sewaktu akan berlabuh agar kapal tetap pada posisi stabil walaupun terkena tekanan arus air laut, angin, dan gelombang

### 2.7.2. Rantai Jangkar

Pada suatu kapal, salah satu supporting system jangkar adalah rantai jangkar. Panjang rantai jangkar ditentukan dengan satuan “shackles” (1 shackles= 15 fathoms = 27.5 meter, 1 fathoms = 1.87m).

### 2.7.3. Anchor Winch

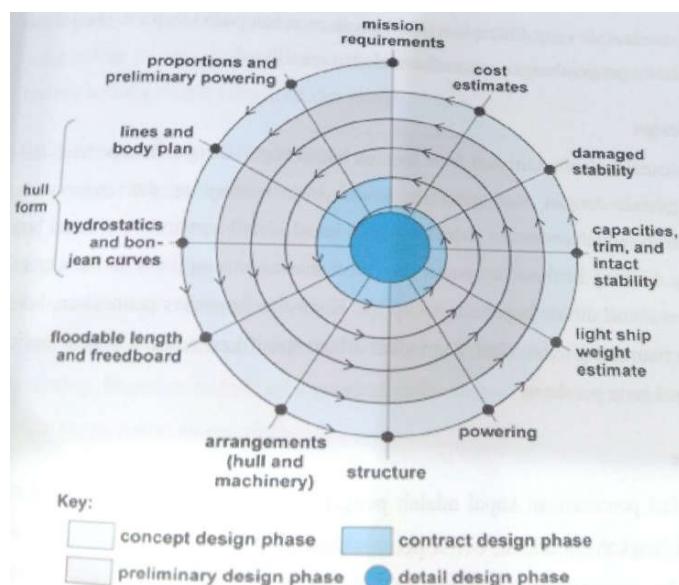
*Anchor winch* merupakan alat yang digunakan untuk menarik jangkar, nama lainnya adalah *windlass*. Untuk mesin yang mirip dengan *anchor winch* tapi terdapat di pelabuhan (daratan) disebut *warping winch* dan *warping capstan*. *Anchor winch* dapat dioperasikan dengan energi uap, energi listrik, sistem hidrolik, atau gabungan ke dua energi tersebut.

### 2.7.4. Hawse Pipe dan Anchor Pocket

*Hawse pipe* adalah lubang yang dilalui rantai jangkar, letaknya di lambung depan kapal (*forecastle*). Berfungsi untuk melindungi lambung kapal dari gesekan rantai jangkar. Sedangkan *anchor pocket* berfungsi agar jangkar terlihat rapi pada tempatnya.

## 2.8. Proses Desain Kapal

Dalam mendesain kapal proses desain menggunakan proses berulang-ulang. Seluruh perencanaan dan analisis yang dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan, hal ini disebut sebagai desain spiral (Evans, 1959). Secara umum dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 2.13 Spiral Design Concept. (Evans, 1959)

### 2.8.1. CONCEPT DESIGN

*Concept design* atau konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner requirement*. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi desainer untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi kendala/permasalahan yang ada. Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk

membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini umumnya berupa gambar atau sketsa, baik sebagian ataupun secara lengkap.

#### **2.8.2. PRELIMINARY DESIGN**

Tahapan yang kedua dalam proses desain adalah *preliminary design*. *Preliminary design* adalah usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Dalam hubungannya dengan diagram spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan merupakan lintasan kedua pada diagram spiral. Adapun yang dimaksud detail meliputi fitur-fitur yang memberikan dampak signifikan pada kapal, termasuk juga pendekatan awal biaya yang akan dibutuhkan. Contoh dari penambahan detail adalah perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian midship kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dan lain-lain.

#### **2.8.3. CONTRACT DESIGN**

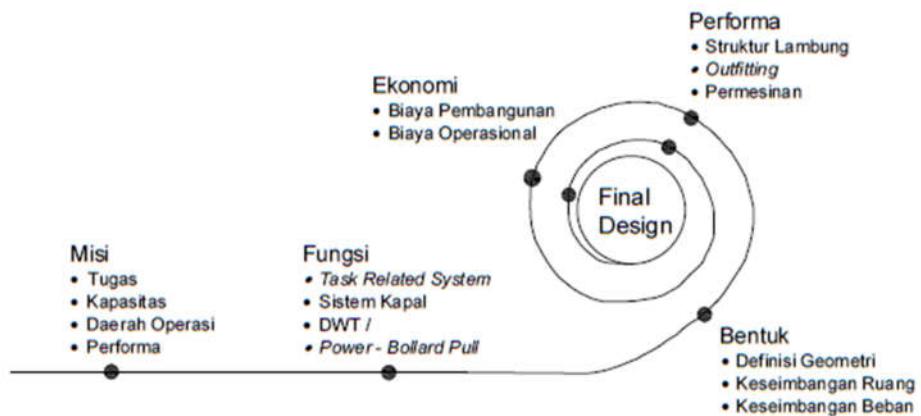
Tahap *contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*, yakni tahap pengembangan pendesainan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal.

#### **2.8.4. DETAIL DESIGN**

*Detail design* adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang lebih detail secara menyeluruh. Tahapan ini mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk proses produksi.

#### **2.8.5. System Based Ship Design**

*System Based Ship Design* (SBSD) ditemukan oleh Kai Levander. Ini pertama kali disajikan di *International Marine Design Conference* pada tahun 1991 di Jepang (Levander, 1991). Pendekatan ini mengurangi jumlah loop yang diperlukan untuk menemukan solusi yang baik, dibandingkan dengan pendekatan traditional *marine design*. Ini karena membantu meluruskan desain spiral Erikstad.



Gambar 2.14 *System Based Ship Design*. (Erikstad, 2012)

Pendekatan SBSD dimulai dengan pernyataan misi untuk kapal. Pernyataan dasar ini untuk mendefinisikan fungsi fungsi kapal yang relevan. Fungsi utama suatu produk ditentukan dari pernyataan misi untuk produk. Setelah fungsi utama diatur, solusi yang mungkin untuk memenuhi fungsi utama ini dipertimbangkan. Ketika solusi yang tepat dipilih, sub fungsi yang relevan ditentukan. Ini adalah fungsi yang diperlukan untuk solusi akhir untuk beroperasi sesuai keinginan, dan umumnya dikenal sebagai persyaratan fungsional untuk solusi.

## 2.9. Metode Desain Kapal

### 2.9.1. Parent Design Approach

*Parent design approach* merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara mengambil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini designer sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai performance yang bagus. Keuntungan dalam *parent design approach* adalah :

- Dapat mendesain kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan kapal sehingga tinggal memodifikasi saja.
- Performance kapal terbukti (*stabilitas, motion, resistance*)  
(Inameq, 2019)

### 2.9.2. Trend Curve Approach

Dalam proses perancangan kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa 11 kapal pembanding untuk menentukan main dimension. Dalam metode ini ukuran

beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

#### **2.9.3. Iterative Design Approach**

Iteratif desain adalah sebuah metodologi desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping*, *testing*, dan *analyzing (trial and error)*. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada. Proses desain kapal memiliki sifat *iteratif* yang paling umum digambarkan oleh spiral desain yang mencerminkan desain metodologi dan strategi. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja (sudah berpengalaman dengan menggunakan *knowledge*).

#### **2.9.4. Parametric Design Approach**

*Parametric design approach* adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter misalnya ( L, B, T, Cb, LCB dll) sebagai *main dimension* yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung hambatannya (Rt), merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, trim, dan lain-lain.

#### **2.9.5. Optimization Design Approach**

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Dalam hal ini, desain yang optimum dicari dengan menemukan desain yang akan *meminimalkan economic cost of transport* (ECT). Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, *freeboard*, trim, dan harga kapal.

### **2.10. Stabilitas**

Stabilitas merupakan salah satu kriteria yang harus dipenuhi pada proses desain kapal. Analisis stabilitas digunakan untuk mengetahui keseimbangan kapal secara melintang atau oleng pada beberapa kriteria kondisi pemuatan (*Loadcase*). Kriteria stabilitas yang digunakan adalah kriteria stabilitas untuk kapal jenis umum dan kapal penumpang katamaran yang mengacu pada *IMO A.749 (18) Chapter 3* dan *HSC Code 2000 Annex 7*. Kriteria tersebut antara lain sebagai berikut:

- a. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) antara sudut (0-30) $^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0,055 m.rad atau 3,151 m.deg.
- b. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) antara sudut (0-40) $^{\circ}$  tidak boleh kurang dari 0,090 m.rad atau 5,157 m.deg.

- c. Luas area dibawah kurva lengan pengembali (*GZ curve*) antara sudut (30-40) $^{\circ}$  atau antara sudut *downflooding* ( f ) dan 30 jika nilai GZ maksimum tidak mencapai 40 $^{\circ}$ , tidak boleh kurang dari 0,030 m.rad atau 1,719 m.deg.
- d. Lengan pengembali GZ pada sudut oleh sama dengan atau lebih dari 30 $^{\circ}$  minimal 0,200 m.
- e. Lengan pengembali maksimum terjadi pada kondisi oleng sebaiknya mencapai 30 $^{\circ}$  atau lebih, tetapi tidak kurang dari 10 $^{\circ}$ .
- f. Tinggi titik metacenter awal (GMo) tidak boleh kurang dari 0,15 m.

(IMO, 2000) (IMO, Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered By Imo Instruments International Maritime Organiza Tio, 1993)

## **2.11. Faktor Ekonomis Desain Kapal**

Dalam proses mendesain kapal, terdapat faktor ekonomis yang perlu diperhatikan dan diperhitungkan sehingga diketahui seluruh biaya dalam pembangunan. Namun pada penilitian ini hanya sebatas biaya pembangunan kapal saja.

### **2.11.1. Biaya Pembangunan**

Biaya pembangunan kerap disebut dengan biaya investasi. Biaya ini dibagi kedalam 4 bagian (Watson, 1998).

1. Biaya Material kapal (*structural cost*)
2. Biaya perlengkapan dan peralatan kapal (*equipment and outfitting cost*)
3. Biaya permesinan kapal (*machinery and propulsion cost*)
4. *Non-weight cost* (biaya klasifikasi, konsultan, *trial cost*, dan lain-lainnya)

### **2.11.2. Biaya Operasional**

Secara umum biaya operasional dibagi menjadi 2 (Prasetyo, 2015)

1. Biaya Tetap
  - a. Biaya Penyusunan Kapal
  - b. Biaya Bunga Modal
  - c. Biaya Asuransi Kapal
  - d. Biaya ABK
2. Biaya Tidak Tetap
  - a. Biaya Bahan Bakar (*fuel oil cost*)
  - b. Biaya Pelumas (*lubricant oil cost*)
  - c. Biaya Perbekalan dan Perlengkapan
  - d. Biaya Air Tawar (*fresh water cost*)
  - e. Biaya *Repair, Maintenance and Supplies* (RMS)

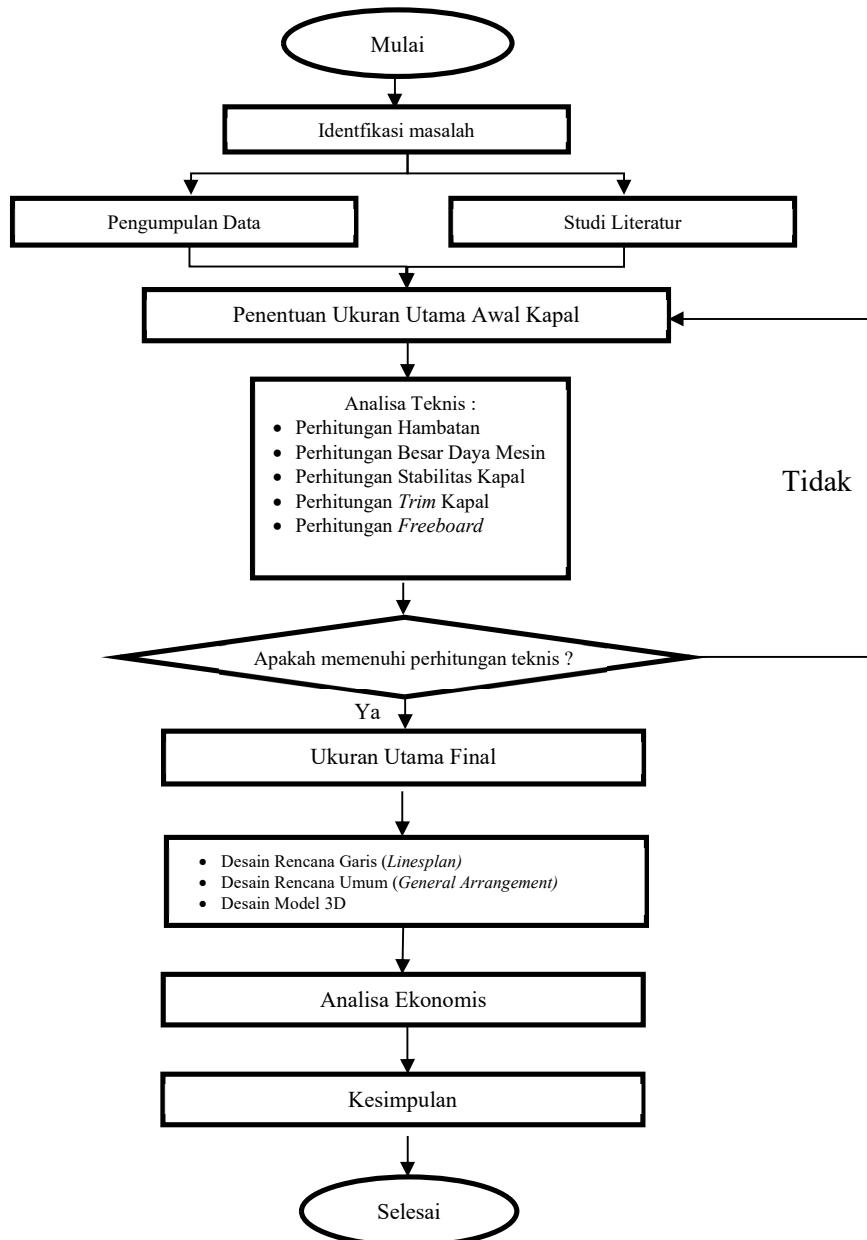
Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 3

# METODOLOGI

### 3.1. Bagan Alir

Diagram alir penggerjaan Tugas Akhir ini digunakan sebagai dasar pola penggerjaan Tugas Akhir.



Gambar 3.1 Bagan Alir Penggerjaan Tugas Akhir

### **3.2. Langkah Pengerjaan**

Pada bab ini didijelaskan tentang langkah-langkah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini. Secara umum, langkah-langkah pengerjaan yang dilakukan digambarkan seperti dalam diagram alir pada Gambar 3.1 di atas.

#### **3.2.1. Identifikasi Masalah**

Pada tahap awal dilakukannya identifikasi permasalahan yang ada, antara lain:

1. Luasnya wilayah Indonesia
2. Indonesia memiliki potensi bencana alam yang besar
3. Seringnya tumpahan minyak (*Oil Spill*) dari kecelakaan laut maupun transportasi laut

Dari permasalahan diatas, kemudian dibuat beberapa perumusan masalah yang kemudian akan menjadi suatu tujuan pengerjaan Tugas Akhir ini. Tidak lupa diberikan batasan pengerjaan agar pembahasan yang dilakukan jelas dan tidak melebar.

#### **3.2.2. Pengumpulan Data**

Metode pengumpulan data dalam Tugas Akhir ini adalah metode pengumpulan data secara langsung (primer) jika diperlukan dan secara tidak langsung (sekunder). Pengumpulan data dilakukan dengan mengambil data terkait dengan permasalahan dalam Tugas Akhir ini, antara lain:

1. Luas wilayah perairan Indonesia

Indonesia merupakan negara kepulauan yang terdiri dari pulau-pulau yang dikelilingi oleh lautan yang luas. Terdiri dari sekitar 13.667 pulau, dengan luas daratan 1.922.570 km<sup>2</sup> dan luas perairan lautnya mencapai 3.257.483 km<sup>2</sup> (belum termasuk perairan ZEE). Panjang garis pantainya mencapai 81.497 km<sup>2</sup> dan merupakan garis pantai terpanjang di dunia. Jika ditambah dengan ZEE, maka luas perairan Indonesia sekitar 7,9 juta km<sup>2</sup> atau 81% dari luas keseluruhan

2. Kondisi perairan

Data teknis yang diperlukan adalah data tentang luas perairan Indonesia dan jarak pelayaran

3. Data kapal yang dijadikan acuan sebagai data Tugas Akhir

Data kapal pembanding diperlukan sebagai referensi untuk menentukan ukuran utama awal kapal

### **3.2.3. Studi Literatur**

Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan beserta teori-teori yang terkait dengan Tugas Akhir ini. Studi yang dilakukan antara lain mengenai:

- 1. Kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)**

Kapal yang akan didesain adalah kapal yang mengatasi masalah pencemaran laut akibat tumpahan minyak dari kapal-kapal pembawa minyak dan kapal-kapal yang melintas.

- 2. Fasilitas kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)**

Setelah mempelajari kapal *special purpose Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS), maka yang dilakukan adalah menentukan fasilitas-fasilitas dari penanganan tumpahan minyak. Hal ini bertujuan untuk mencari besar payload kapal yang dalam Tugas Akhir ini payload berupa fasilitas dalam mengatasi tumpahan minyak.

- 3. Referensi perhitungan teknis**

Karena kapal yang digunakan adalah kapal dengan tipe lambung katamaran, maka perhitungan teknis harus mempelajari perhitungan kapal-kapal katamaran. Selain itu, penggerjaan perhitungan teknis juga merujuk pada jurnal-jurnal yang sudah ada serta buku-buku penunjang.

Selain dari materi-materi di atas, tinjauan pustaka juga berasal dari beberapa Tugas Akhir terdahulu, yang berkaitan dengan tema Tugas Akhir ini.

### **3.2.4. Penentuan Ukuran Utama Awal Kapal**

Penentuan ukuran awal menggunakan sketsa desain awal kapal yang mengacu pada luasan awal yang dibutuhkan dari fasilitas ruang medis yang dibutuhkan. Selain itu ukuran utama kapal akan menggunakan parents ship, yaitu KN Pacitan milik Basarnas.

### **3.2.5. Perhitungan Teknis**

Perhitungan teknis dilakukan sesuai dengan literatur yang dipelajari. Hal itu meliputi perhitungan hambatan kapal, perhitungan daya kapal, penentuan mesin kapal, penentuan berat kapal, penentuan pemakaian ballast pada kapal jika diperlukan, perhitungan stabilitas, perhitungan lambung timbul.

### **3.2.6. Pembuatan Rencana Garis, Rencana Umum Kapal, dan Desain 3D kapal**

Dalam pembuatan Rencana Garis kapal dilakukan dengan bantuan software Maxsurf. Dari desain yang telah dibuat di Maxsurf dapat langung diambil *Lines Plan*-nya. Kemudian untuk memperhalus *Lines Plan* dilakukan dengan menggunakan *software* AutoCAD. Sedangkan untuk pembuatan Rencana Umum dilakukan setelah Rencana Garis selesai. Sebab,

*Outline* dari Rencana Umum diambil dari Rencana Garis. Pembuatan Rencana Umum dilakukan dengan menggunakan bantuan *software* AutoCAD. Penentuan tempat ruang medis dilakukan pada tahap ini. Setelah tahapan pembuatan rencana umum selesai dilakukan, maka tahapan selanjutnya adalah pembuatan desain secara 3 dimensi yang akan dilakukan dengan bantuan *software* Sketchup.

### **3.2.7. Analisa Ekonomis**

Setelah desain *lines plan* dan *General Arrangement* dibuat langkah selanjutnya adalah menghitung biaya pembangunan. Dalam tahap ini dilakukan perhitungan dari segi analisis ekonomis, yang mana merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dan diperhitungkan dalam mendesain sebuah kapal. Untuk mengetahui nilai ekonomis sebuah kapal. Perhitungan dibedakan menjadi dua bagian yaitu biaya pembangunan dan biaya operasional kapal. Namun dalam tugas akhir ini hanya memperhitungkan biaya pembangunan kapal tanpa biaya operasional kapal.

### **3.2.8. Kesimpulan dan Saran**

Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisa dan perhitungan. Kesimpulan tersebut berupa ukuran utama kapal dan koreksi keamanan terhadap standar yang sudah ada. Saran dibuat untuk menyempurnakan apa yang belum tercakup dalam proses desain kapal ini.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 4

### ANALISA TEKNIS

#### 4.1. Wilayah Indonesia

Negara Indonesia yang merupakan negara kepulauan, terdiri dari pulau-pulau besar dan pulau-pulau kecil. Pulau-pulau besar di Indonesia antara lain adalah Pulau Papua dengan luas 785.753 km<sup>2</sup>, Pulau Kalimantan dengan luas 748.168 km<sup>2</sup>, Pulau Sumatera dengan luas 443.066 km<sup>2</sup>, Pulau Sulawesi dengan luas 180.681 km<sup>2</sup>, Pulau Jawa dengan luas 138.794 km<sup>2</sup>, Pulau Timor dengan luas 28.418 km<sup>2</sup>, Pulau Halmahera dengan luas 18.040 km<sup>2</sup>, Pulau Seram dengan luas 17.454 km<sup>2</sup>, Pulau Sumbawa dengan luas 14.386 km<sup>2</sup>, Pulau Flores dengan luas 14.154 km<sup>2</sup>, dan pulau-pulau besar lainnya.

#### 4.2. Tinjauan Lokasi

Pemilihan lokasi yang akan digunakan sebagai pangkalan atau wilayah operasi mengacu pada daerah atau alur padat kapal tanker. Dapat dilihat pada gambar *traffic* kapal tanker dibawah ini:

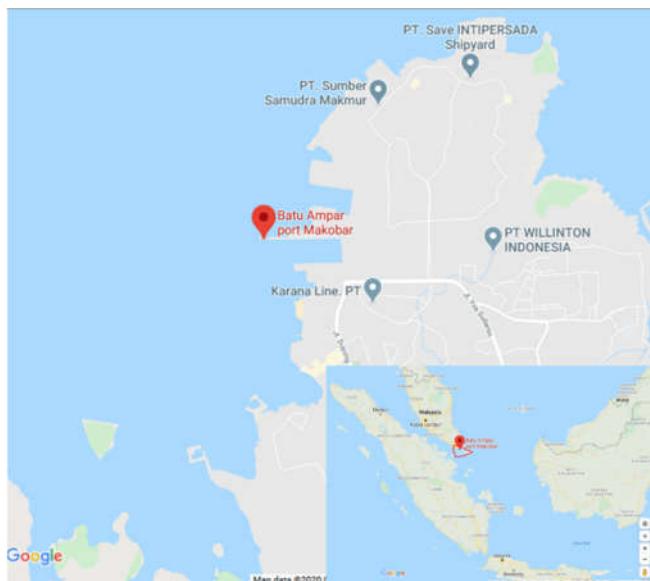


Gambar 4.1 Rute kapal tanker di perairan Indonesia  
(AIS, 2020)

Dari gambar 4.1 tersebut dapat diketahui alur/daerah padat kapal tanker. Sehingga dengan mempertimbangkan hal diatas maka penentuan lokasi yang dijadikan pangkalan untuk kapal katamaran MDPS yaitu didaerah Batam.

Pelabuhan Batu Ampar adalah pelabuhan yang berlokasi di Jl. Yos Sudarso, Batu Merah, Kecamatan Batu Ampar, Kota Batam, Kepulauan Riau. Pelabuhan Batu Ampar merupakan salah satu pelabuhan di Kota Batam yang melayani kapal-kapal penumpang dari

luar daerah. Saat ini pelabuhan Batu Ampar sedang dalam pengembangan oleh PT Pelabuhan Indonesia II (Persero).



Gambar 4.2 Lokasi Pelabuhan Batu Ampar. (*Google Maps*, 2020)

Pelabuhan ini bukanlah satu-satunya Pelabuhan di Batam, untuk Pelabuhan yang lain dapat dilihat pada tabel dibawah ini:

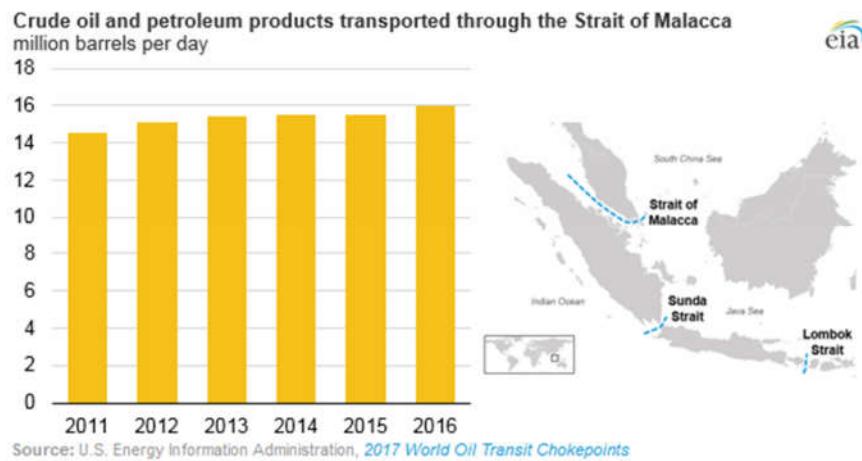
Tabel 4.1 Panjang dan kedalaman Pelabuhan-pelabuhan di Batam

No.	Nama	Panjang (m)	Kedalaman (m)
1	Batu Ampar	3600	12
2	Sekupang	1609	12
3	Kabil	16000	19

(Indoavis, 2020)

Dari tabel tersebut dapat diketahui panjang Pelabuhan dan kedalaman air agar dapat diketahui lokasi yang tepat untuk kapal bersandar. Penulis memilih penempatan di Batam dikarenakan merupakan tempat yang sangat strategis untuk menjangkau daerah yang kemungkinan terjadi tumpahan minyak dari padatnya transportasi kapal, terutama kapal pengangkut minyak atau kapal tanker.

Perlu diketahui disekitar Batam terdapat jalur atau rute kapal yang sangat padat yaitu terdapat di selat malaka. Selat Malaka merupakan satu-satunya jalur yang menghubungkan samudra Hindia dan Samudra Pasifik melalui Laut Cina Selatan. juga merupakan salah satu tempat perdagangan minyak di Asia Tenggara.



Gambar 4.3 Grafik pertukaran minyak di Selat Malaka. (EIA, 2017)

Dari gambar 4.3 dapat dilihat bahwa lebih dari 16 juta barrel per hari pertukaran minyak yang terjadi di selat Malaka ini sehingga banyak kapal-kapal tanker dari ukuran kecil sampai ukuran besar melewati selat ini. Sehingga dapat berpotensi terjadinya tabrakan antar kapal tersebut. Kepadatan lalu lintas kapal tanker di selat Malaka dapat dilihat di gambar 4.4 dibawah ini:



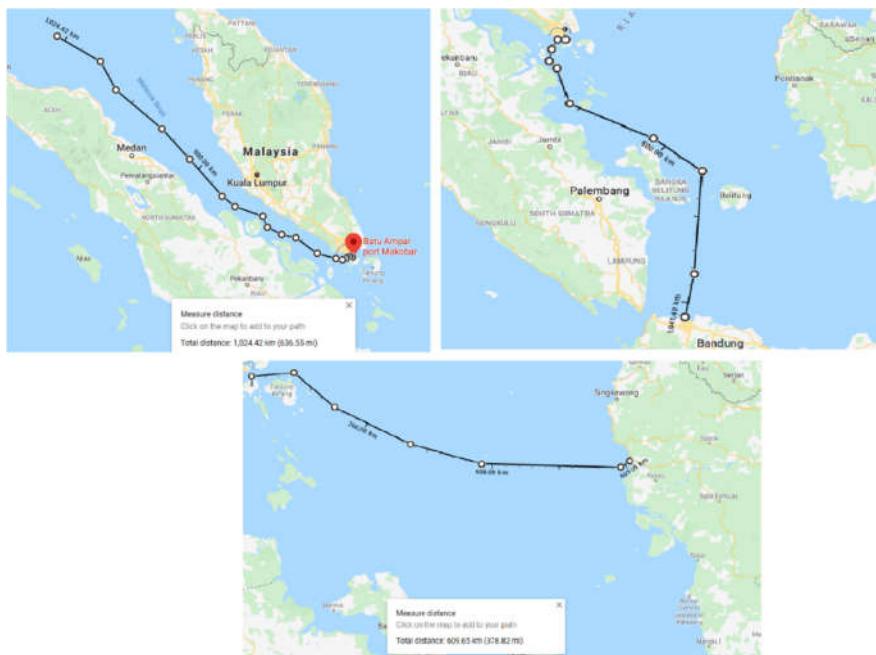
Gambar 4.4 Kepadatan lalu lintas kapal tanker di selat Malaka. (AIS, 2020)

#### 4.3. Jarak Tempuh

Berikut ini adalah jarak tempuh kapal MDPS disetiap daerah:

- Jarak tempuh dari Batam ke Banda Aceh adalah 636,55 mil.
- Jarak tempuh dari Batam ke Jakarta adalah 607,42 mil.
- Jarak tempuh dari Batam ke Pontianak adalah 378.,2 mil.

Jadi jarak tempuh yang dijadikan acuan untuk consumbale adalah jarak terjauh yaitu jarak tempuh dari Batam ke Banda Aceh dengan jarak 636,55 mil.



Gambar 4.5 Jarak tempuh kapal MDPS. (Google Maps, 2020)

#### 4.4. Penentuan *Payload*

*Payload* yang akan digunakan oleh kapal MDPS adalah berupa muatan dan peralatan penanggulangan tumpahan minyak. *Payload* yang berupa peralatan adalah *Oil Boom*, *Oil Skimmer*, *JIB Crane*, *Dispersant Spray*, *Transfer Pump*, *Powerpack*. *Payload* yang berupa muatan adalah *Oil Temporary Storage*, *Dispersant*. Total berat dari *Payload* adalah 219,10 ton untuk rinciannya bisa dilihat dilampiran.

##### 4.4.1. Penentuan panjang *Oil Boom*

Penentuan panjang *Oil Boom* mengacu pada PM. No. 58 tahun 2013 yang melibatkan panjang *Oil Boom* yang diambil adalah 1,5 panjang kapal yang berlabuh di Indonesia. Dalam hal ini kapal terpanjang kebanyakan berasal dari kapal tanker. Menurut keterangan diatas telah dicari kapal tanker terpanjang yang beroperasi di Indonesia yaitu kapal tanker BULL DAMAI 1. Panjang kapal tersebut yaitu 250,17 meter. Jadi menurut data kapal tersebut ditentukan panjang *Oil Boom* adalah 375 meter.

##### 4.4.2. Penentuan *Oil Skimmer*

Penentuan *Oil Skimmer* menurut PM. No. 58 tahun 2013 tidak mengharuskan berapa kapasitas yang digunakan, namun diharuskan memiliki *Oil Skimmer* maka dalam hal ini digunakan *Oil Skimmer* dengan kapasitas penyerapan 30 ton per jam.

#### **4.4.3. Penentuan *Oil Storage***

Untuk kapasitas *Temporary Oil Storage* sesuai PM. No. 58 tahun 2013 kapasitas disesuaikan sejumlah maksimum minyak yang dapat dihisap dalam 10 jam. Sesuai dengan kemampuan *Oil Skimmer* yang disebutkan sebelumnya maka kapasitas dari *Oil Temporary Storage* yaitu 180 ton.

#### **4.5. Sketsa *Layout* dan Penentuan Ukuran Utama**

Pada Tugas Akhir ini ukuran utama ditentukan berdasarkan metode *Parent Design Approach*. Metode ini menggunakan suatu desain kapal pembanding yang sudah berlayar dengan baik sebagai acuan utama. Pemilihan kapal pembanding juga mempertimbangkan kondisi perairan rute pelayarannya, sehingga aspek kenyamanan juga tidak luput untuk dipertimbangkan. *Output* dari metode desain ini adalah mendapatkan suatu desain baru dari kapal pembanding (*sister ship*). Pada Tugas Akhir ini, yang digunakan sebagai kapal pembanding adalah kapal katamaran “KN Pacitan-BASARNAS” yang beroperasi di Indonesia. “KN Pacitan-BASARNAS” adalah kapal katamaran yang dibangun oleh perusahaan kapal milik swasta di Indonesia. Data teknis dari kapal pembanding dapat dilihat pada Tabel 4.2. di bawah ini.

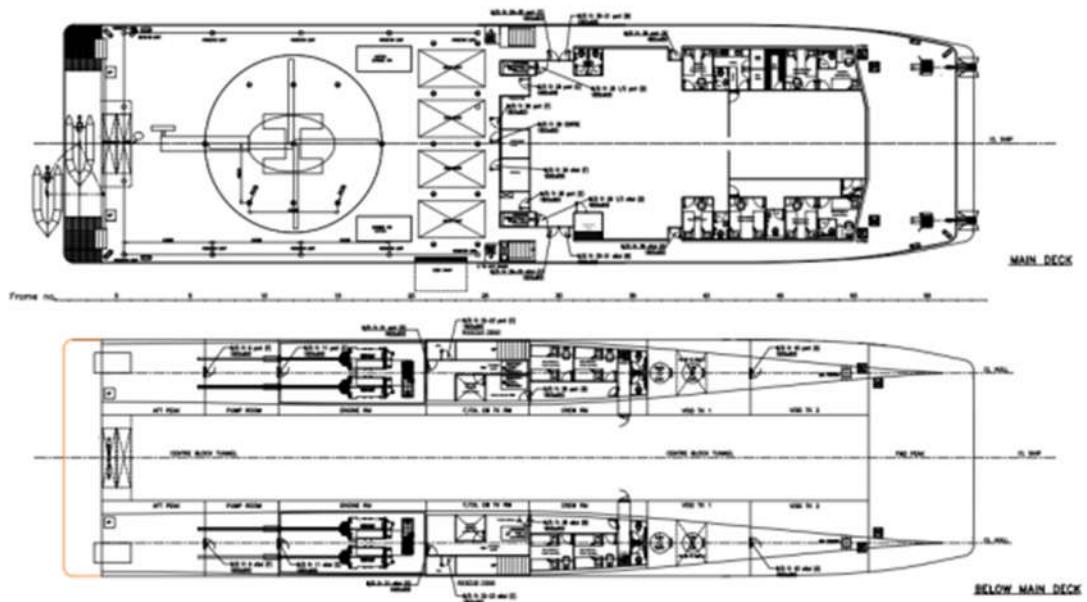
##### **4.5.1. *Layout* Kapal Pembanding**

Dalam proses mendesain kapal dengan *Parent Design Approach*, *layout* kapal pembanding digunakan sebagai acuan utama untuk mengetahui apakah ukuran utama kapal sesuai yang direncanakan. Di samping itu juga untuk melihat gambaran umum dari bentuk kapal sebelum dilakukan perhitungan teknis. Bentuk *layout* kapal katamaran “KN Pacitan-Basarnas” dapat dilihat pada Gambar di bawah ini.

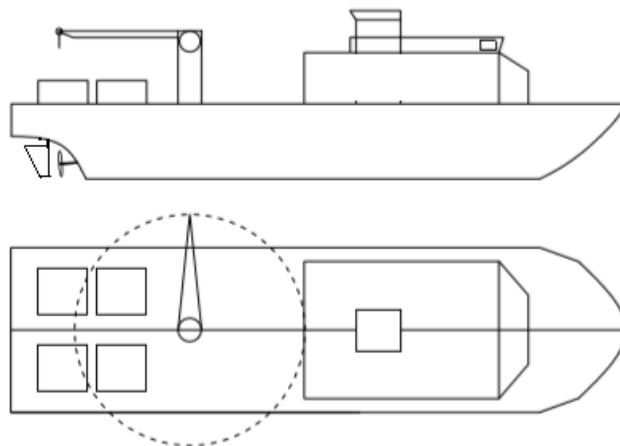
Tabel 4.2 Data teknis kapal katamaran KN Pacitan-BASARNAS

<b>Lwl</b>	<b>56</b>	<b>M</b>
<b>B</b>	<b>16</b>	<b>M</b>
<b>H</b>	<b>4,5</b>	<b>M</b>
<b>T</b>	<b>1,5</b>	<b>M</b>
<b>Vs</b>	<b>28</b>	<b>Knots</b>
<b>Rute</b>	<b>Indonesia</b>	

(Farhanudin, 2017)

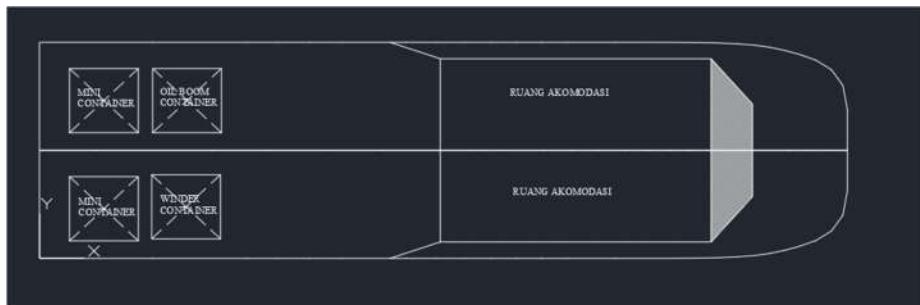


Gambar 4.6 Layout kapal katamaran “*KN Pacitan-Basarnas*”



Gambar 4.7 Layout awal kapal katamaran *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)

Dari gambar 4.7 diatas adalah desain *layout* awal untuk kapal MDPS, sehingga dapat diketahui seperti apa desain kapal MDPS akhirnya nanti.



Gambar 4.8 *Layout* awal rincian diatas *deck* kapal katamaran (MDPS)

Sedangkan gambar 4.8 adalah *layout* rincian peralatan yang ada diatas geladak kapal.

#### 4.5.2. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Langkah-langkah untuk menentukan ukuran utama kapal dengan metode *Parent Design Approach* sebenarnya sangat sederhana dan hal tersebut merupakan salah satu keuntungan dari metode ini yang dapat mempercepat proses mendesain. Dalam hal ini desainer sudah memiliki referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan didesain, sehingga proses mendesain dapat lebih cepat dan hanya menambahkan beberapa modifikasi sesuai dengan *owner requirements*. Kapal pembanding yang digunakan sebagai acuan harus terbukti memiliki performa yang baik seperti stabilitas dan hambatannya. Daerah pelayaran kapal pembanding setidaknya memiliki kemiripan dengan daerah pelayaran kapal yang akan didesain. Dari ukuran utama kapal pembanding dapat didapatkan pula ukuran utama kapal yang akan didesain. Tidak lepas pula jika dibutuhkan untuk memodifikasi ukuran utama kapal harus memperhatikan batasan-batasan rasio ukuran utama kapal sebagai berikut:

Tabel 4.3 Batasan rasio ukuran utama kapal katamaran

$L/B_1$	=	Sahoo, Browne & Salas (2004)	$\Rightarrow$	$10 < L/B_1 < 15$
$B/H$	=	Insel & Molland (1992)	$\Rightarrow$	$0,7 < B/H < 4,1$
$S/L$	=	Insel & Molland (1992)	$\Rightarrow$	$0,19 < S/L < 0,51$
$S/B_1$	=	Insel & Molland (1992)	$\Rightarrow$	$0,9 < S/B_1 < 4,1$
$B_1/T$	=	Insel & Molland (1992)	$\Rightarrow$	$0,9 < B_1/T < 3,1$
$B_1/B$	=	Multi Hull Ships, hal. 61	$\Rightarrow$	$0,15 < B_1/B < 0,3$
$CB$	=	Insel & Molland (1992)	$\Rightarrow$	$0,36 < CB < 0,59$

Ukuran utama dari kapal katamaran “KN Pacitan-Basarnas” adalah sebagai berikut:

Tabel 4.4 Ukuran utama kapal katamaran “KN Pacitan-Basarnas”

Lwl	56	M
B	16	M
H	4,5	M
T	1,5	M
Vs	28	Knots

(Farhanudin, 2017)

#### 4.5.3. Hasil Ukuran Utama

Dengan mengacu kepada Tabel 4.3 yang berisi batas rasio ukuran utama kapal katamaran, didapatkan ukuran utama kapal katamaran baru yaitu sebagai berikut:

Tabel 4.5 Penentuan ukuran utama awal dari kapal pembanding

Main dimension			Main Dimension		
Loa	60	m	Loa	60	m
Lwl	56	m	Lwl	57,4	m
B	16,8	m	B	16,8	m
B1	5	m	B1	5	m
H	4,5	m	H	4,5	m
T	1,5	m	T	1,85	m
S	11,8	m	S	11,8	m
V	28	Knot	V	30	Knot

Tabel 4.6 Perbandingan ukuran utama awal kedalam batasan rasio kapal katamaran

		Min	Value	Max
L/B <sub>1</sub>	Sahoo, Browne & Salas (2004)	10	12	15
B/H	Insel & Molland (1992)	0.7	3.733	4.1
S/L	Insel & Molland (1992)	0.19	0.197	0.51
S/B <sub>1</sub>	Insel & Molland (1992)	0.9	2.360	4.1
B <sub>1</sub> /T	Insel & Molland (1992)	0.9	2.703	3.1
B <sub>1</sub> /B	Multi Hull Ships, hal. 61	0.15	0.298	0.3
CB	Insel & Molland (1992)	0.36	0.412	0.59

## 4.6. Perhitungan Teknis Kapal Katamaran

Setelah didapatkan ukuran utama kapal serta desain *lines plan*, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan awal.

### 4.6.1. Perhitungan *Froude Number*

*Froude Number* dapat dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} \quad Ref: (PNA vol.2 hal 54)$$

$$Fn = 0,607$$

### 4.6.2. Perhitungan *Displacement*

Perhitungan *displacement* pada Tugas Akhir ini dilakukan dengan cara memasukkan ukuran utama yang akan digunakan sebagai MDP *Ship* kedalam *software maxsurf*, dimana nantinya pada *software maxsurf* akan muncul data-data seperti besarnya displacement kapal dengan ukuran utama tersebut. Sehingga besarnya *displacement* dan *volume displacement* dari MDP *Ship* ini didapatkan seperti gambar dibawah ini.

Tabel 4.7 Ukuran *Displacement* dari maxsurf

No.	Name	Value	Unit
1	Displacement	707,5	t
2	Volume (displaced)	690,284	m^3
3	Draft Amidships	1,85	m
4	Immersed depth	1,85	m
5	WL Length	57,923	m
6	Beam max extents on WL	15,369	m
7	Wetted Area	795,152	m^2
8	Max sect. area	15,315	m^2
9	Waterpl. Area	479,607	m^2
10	Prismatic coeff. (Cp)	0,778	
11	Block coeff. (Cb)	0,419	
12	Max Sect. area coeff. (Cm)	0,544	
13	Waterpl. area coeff. (Cwp)	0,539	
14	LCB length	-0,821	from zero pt.
15	LCF length	-2,782	from zero pt.
16	LCB %	-1,417	from zero pt.
17	LCF %	-4,802	from zero pt.
18	VCB	1,065	m
19	KB	1,065	m
20	KG fluid	0	m

No.	Name	Value	Unit
21	BMt	21,218	m
22	BML	165,954	m
23	GMt corrected	22,283	m
24	GML	167,018	m
25	KMt	22,283	m
26	KML	167,018	m
27	Immersion (TPc)	4,916	tonne/cm
28	MTc	20,401	tonne.m
29	RM at 1deg = GMtDisp.sin(1)	275,154	tonne.m
30	Length:Beam ratio	3,769	
31	Beam:Draft ratio	8,308	
32	Length:Vol^0.333 ratio	6,554	
33	Precision	Medium	62 tations

#### 4.7. Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan total dilakukan dengan metode yang didapat dari *paper* M. Insel dan A.f. Molland. Formula dalam metode tersebut adalah:

$$C_{tot} = (1+\beta k) * C_f + \tau * C_w$$

(M. Insel and A.F. Molland, hal 11-12

Metode tersebut memasukkan faktor interferensi dikarenakan *catamaran* terdiri dari dua lambung yang berdekatan, yang dipisahkan oleh suatu struktur yang disebut *demihull*, sehingga gelombang yang ditimbulkan oleh satu lambung dengan lambung yang lain akan mengalami interferensi dan saling mengurangi. Hal ini mengakibatkan nilai hambatan total akan lebih kecil. Di dalam percobaanya menghitung hambatan total, (Insel-Molland, 1998) mengasumsikan kapal *catamaran* dengan kapal *demihull* yang ditambahkan dengan harga interferensi yang diakibatkan oleh lambung yang berjarak S dari *center line*-nya. Harga dari tahanan total ini tetap dikalikan 2 (dua) mengingat luas permukaan basah (WSA) ada pada tiap lambung. Hambatan total dapat dihitung dengan formula dibawah ini.

$$R_t = 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times 2 \times C_{tot}$$

Dalam perhitungan ini, hambatan total yang dihitung adalah untuk kecepatan maksimum kapal (Vmax). Hal ini dilakukan untuk mengetahui besarnya daya mesin maksimal yang digunakan nantinya.

##### 4.7.1. Catamaran Viscous Resistance Interference ( $1+\beta k$ )

Untuk model kapal dengan bentuk *round bilge hull* maka harga  $(1+\beta k)$  dapat ditentukan dengan dilakukan interpolasi harga  $\beta$  dari 3 model (model C4, C5, dan C6) yang diperoleh oleh m. Insel dan A.F. Molland. Interpolasi dilakukan dengan variasi S/B1 dari tiap model kapal. S adalah lebar *demihull*, B1 adalah lebar satu lambung, dan L adalah panjang kapal.

Tabel 4.8 Harga  $\beta$  untuk tiga variasi S/B

S/B1						
	1	2	3	4	5	L/B1
$\beta$	1,32	1,32	1,32	1,32	1,32	7
	1,6	1,57	1,54	1,52	1,5	9
	2,35	2,32	2,29	2,27	2,25	11

S/B1		
	2	3
$\beta$	1,570	1,540
	2,320	2,290

L/B1		
	9	11
$\beta$	1,56	2,31

Dari ukuran utama didapatkan nilai:

$$S/B1 = 2,31$$

$$L/B1 = 11,48$$

Sehingga nilai  $\beta$  yang diambil adalah = 2,49

Sedangkan untuk harga faktor bentuk *monohull* dengan  $(1+k)$  didapatkan dari interpolasi sebagai berikut :

(table II derived from factors for the models in monohull configuration)

Model	C3	C4	
L/B1	9	11	11,5
$(1+k)$	1,3	1,17	1,14

Sehingga nilai  $(1+k)$  yang diambil adalah = 1,14

$$\text{maka: } (1+\beta k) = (\beta \times (1+k)) - \beta + 1$$

$$(1+\beta k) = 1,35$$

#### 4.7.2. Catamaran Wave Resistance Interference ( $\tau$ )

Untuk mendapatkan harga  $\tau$  dapat dilakukan dengan cara beberapa penginterpolasian disesuaikan dengan S/L, Fn, dan L/B1 seperti terlihat pada Tabel 4.7 dibawah ini.

Tabel 4.9 *wave resistance interference factor*

(wave resistance interference factor)					
		(S/L) <sub>1</sub> = 0,2		(S/L) <sub>2</sub> = 0,3	
		Fr		Fr	
$\tau$	0,6	0,7	0,6	0,7	L/B1
	1,6	1,25	1,2	1,05	9
	1,3	1,07	1,23	1,2	11

$$S/L = 0,21$$

$$L/B1 = 11,48$$

$$Fn = 0,607$$

Dari nilai  $\tau$  pada tabel di atas serta perbandingan ukuran utama dan Fn, maka didapatkan harga  $\tau$  untuk kecepatan kapal maksimum dengan cara interpolasi. Harga yang didapatkan adalah:

$$\tau = 1,215$$

#### 4.7.3. Wave Resistance (Cw)

Harga *wave resistance* Cw dapat ditentukan dengan cara interpolasi dari *wave resistance* ketiga model yang diperoleh M. Insel dan A.F. Molland. Harga Cw ini didapatkan dari pengujian tarik dari tiga model yang berbeda. Harga Cw dari M. Insel dan A.F. Molland ditampilkan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.10 Harga Cw untuk variasi Fn dan L/B1

(wave resistance factor)					
		Fn			
		0,6	0,7	L/B1	
Cw	0,0012	0,0023		9	
	0,0008	0,0020		11	

Dari ukuran utama kapal didapat:

$$L/B1 = 11,48$$

$$Fn = 0,607$$

Setelah dilakukan interpolasi maka didapatkan harga Cw

$$Cw = 0,0007299$$

Harga tiap komponen di atas kemudian dimasukkan kedalam formula hambatan total di atas untuk mendapatkan nilai koefisien hambatan *catamaran* total (Ctot). Harga tiap komponen hambatan antara lain:

$$\begin{aligned}
 (1+\beta k) &= 1,35 \\
 Cf &= 0,002771 \\
 \tau &= 1,215 \\
 Cw &= 0,0007299
 \end{aligned}$$

Maka,

$$C_{tot} = 4,7866 \times 10^{-3}$$

Harga  $C_{tot}$  tersebut kemudian di masukkan kedalam rumus WSA

$$WSA = (\nabla / B_1) ((1,7/(C_b - (0,2(C_b - 0,65))) + (B_1/T)) m^2$$

(Ref: *Practical Evaluation of Resistance of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part I*)

Didapatkan nilai WSA = 441,864 m<sup>2</sup>, untuk satu lambung

Karena katamaran mempunyai 2 lambung, maka WSA-nya adalah:

$$WSA_{total} = 883,729 \text{ m}^2$$

Sehingga,

$$R_t = 485718,805 \text{ N}$$

$$R_t = 485,7188 \text{ kN}$$

#### 4.8. Perhitungan *Power* dan Pemilihan Mesin Induk

##### 4.8.1. Perhitungan *Power*

Setelah nilai hambatan total ( $R_t$ ) diketahui, maka langkah selanjutnya adalah melakukan perhitungan *power* yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal. Nilai dan formula untuk menghitung *powering* dapat dilihat dibawah ini:

$$EHP = R_t \times V$$

$$\begin{aligned}
 EHP &= 6995,905 \text{ kW} & 1 \text{ HP} &= 0,7355 \text{ kW} \\
 &= 9511,77 \text{ HP}
 \end{aligned}$$

Dari EHP ini kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai BHP dengan rumus:

$$P_c = \eta_{rr} \times \eta_p \times \eta_H$$

Dimana:

- $\eta_p$  : efisiensi baling-baling kapal, besaran nilai diasumsikan berdasarkan nilai hasil percobaan *open water test* pada umumnya. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.
- $\eta_{rr}$  : *efisiensi rotative relative* (Molland, 1992)
- $\eta_H$  : efisiensi bentuk badan kapal (Manen, 1988)

Perhitungan daya *delivery* dari mesin induk adalah sebagai berikut:

$$DHP = EHP/P_c$$

$$DHP = 16746,1 \text{ HP}$$

Setelah nilai DHP diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai BHP (*Break Horse Power*). Perhitungan BHP dapat dilakukan dengan formula sebagai berikut:

$$BHP = (DHP + \%DHP)$$

Maka,

$$BHP = 14164,24 \text{ kW}$$

$$BHP = 19257,98 \text{ Hp}$$

Karena Kapal *Twin Screw*, maka BHP dibagi 2:

$$BHP = 7082,12 \text{ kW}$$

$$BHP = 9628,99 \text{ Hp}$$

#### 4.8.2. Pemilihan Mesin Induk dan Genset

Setelah didapatkan nilai BHP, maka langkah selanjutnya adalah melakukan pemilihan mesin induk sebagai penggerak utama kapal dan genset sebagai pembangkit listrik kapal. Mesin induk yang dipakai pada kapal katamaran ini adalah 2 unit mesin *inboard*. Pertimbangan mengapa memilih mesin inboard adalah karena ruang didalam lambung kapal yang cukup besar, sehingga dapat digunakan untuk meletakkan mesin induk dan genset. Pemilihan mesin induk dilakukan dengan mempertimbangkan berat mesin, daya mesin, serta harga dan konsumsi bahan bakar mesin tersebut. Dari katalog yang sudah ada didapatkan mesin kapal beserta spesifikasinya. Mesin kapal tersebut seperti terlihat dalam brosur dibawah ini.



Gambar 4.9 Mesin Induk. (Wartsilla, 2020)

Wärtsilä 32		IMO Tier II or III	
Cylinder bore	320 mm	<b>Fuel specification:</b>	
Piston stroke	400 mm	Fuel oil	700 cSt/50°C
Cylinder output	580 kW/cyl	7200 sR1/100°F	
Speed	750 rpm	ISO 8217	
Mean effective pressure	28.9 bar	category ISO-F-RMK 700	
Piston speed	10.0 m/s	SFOC 178,8 g/kWh at ISO cond.	

Gambar 4.10 Spesifikasi mesin yang akan dipakai. (Wartsilla, 2020)

Dari gambar 4.9 dan 4.10 merupakan gambar mesin induk yang akan dipakai dan spesifikasi mesin yang akan dipakai.

#### 4.9. Perhitungan Konstruksi

Perhitungan konstruksi kapal menggunakan dasar *Rules* dari Biro Klasifikasi Indonesia *Volume II Rules For Hull*. Sebagai catatan, perhitungan konstruksi pada Tugas Akhir ini hanya bersifat asumsi karena perhitungan pada tahap konsep desain hanyalah sebatas pendekatan.

##### 4.9.1. Perhitungan Beban

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \cdot f \cdot C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2]$$

Dan,

$$P_{01} = 2,6 \cdot (C_b + 0,7) \cdot C_o \cdot C_L \quad [\text{kN/m}^2]$$

Dimana,

$P_0$  = Basic external dynamic load

$P_{01}$  = For wave directions transverse the ship's heading

$C_b$  = Block Coefficient

$C_o$  = Wave coefficient

$$\left[ \frac{L}{25} + 4,1 \right] c_{RW} \quad \text{for } L < 90 \text{ m}$$

$$\left[ 10,75 - \left[ \frac{300 - L}{100} \right]^{1,5} \right] c_{RW} \quad \text{for } 90 \leq L \leq 300 \text{ m}$$

$$10,75 \cdot c_{RW} \quad \text{for } L > 300 \text{ m}$$

$C_L$  = Length coefficient

$$\sqrt{\frac{L}{90}} \quad \text{for } L < 90 \text{ m}$$

$$1,0 \quad \text{for } L \geq 90 \text{ m}$$

- $f$  = Probability factor  
 = 1,0 , for plate panels  
 = 0,75 , for stiffeners  
 = 0,60 , for girders  
 $C_{RW}$  = Service range coefficient  
 = 1,00 , for unlimited service range  
 = 0,90 , for service range  $P$   
 = 0,75 , for service range  $L$   
 = 0,60 , for service range  $T$

Tabel 4.11 Distribution Factors  $C_F$  dan  $C_D$

	Range	Factor $C_D$	Factor $C_F$
A	$0 \leq x/L < 0,2$ $x/L = 0,100$	$1,2 - x/L$ $C_D = 1,100$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$ $C_F = 2,214$
	$0,2 \leq x/L < 0,7$ $x/L = 0,450$	1 $C_D = 1$	1 $C_F = 1$
M	$0,7 \leq x/L \leq 1$ $x/L = 0,850$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$ $c = 0,15 \cdot L - 10$ $C_D = 1,250$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$ $C_F = 2,092$

Pada Tabel 4.11, merupakan *distribution factor*  $C_F$  dan  $C_D$  sesuai jarak *After*, *Midship*, dan *Fore* kapal. Berikut dijabarkan hasil rekapitulasi nilai variabel pembebanan pada table 4.12 dibawah ini:

Tabel 4.12 Nilai Variabel Pembebanan

No.	Variabel Pembebanan	Nilai
1	$C_L$	0,787
2	$C_B$	0,41
3	$C_{RW}$	0,75
4	$C_0$	4,745
5	$C_F$	A = 2,214
		M=1
		F=2,092

Setelah nilai variabel pembebanan didapatkan, maka beban kapal dapat dihitung sesuai dengan rumus yang telah diberikan sebelumnya. Berikut rekapitulasi hasil pembebanan  $P_B$ , dan  $P_0$  masing-masing dijelaskan.

Tabel 4.13 Rekapitulasi Nilai Pembebanan  $P_0$  dan  $P_{01}$

Pembebanan $P_0$ dan $P_{01}$	Nilai ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )
$P_0$ untuk pelat	6,537
$P_0$ untuk penegar	4,903
$P_0$ untuk penumpu	3,922
$P_{01}$	10,791

$$PB = 10 \cdot T + P_0 \cdot CF \quad [\text{kN}/\text{m}^2]$$

Dan,

$$PB_1 = 10 \cdot T + P_{01} \cdot 2 \cdot |y|/B \quad [\text{kN}/\text{m}^2]$$

Dimana,

$P_B$  = External load of ship's bottom for wave direction with or against ship's heading

$P_{B1}$  = External load of ship's bottom for wave direction transverse ship's heading

$T$  = sarat kapal (m)

$CF$  = distribution factors.

Tabel 4.14 Rekapitulasi Nilai  $P_B$

Pembebanan $P_B$	Nilai ( $\text{kN}/\text{m}^2$ )	Range
PB untuk pelat	32,970	$0 \leq x/L \leq 0,2$
PB untuk penegar	29,353	
PB untuk penumpu	27,182	
PB untuk pelat	29,291	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$
PB untuk penegar	23,403	
PB untuk penumpu	22,422	
PB untuk pelat	41,078	$0,7 \leq x/L \leq 1$
PB untuk penegar	28,758	
PB untuk penumpu	26,706	

Dalam perhitungan pembebanan untuk sisi, pembebanan untuk geladak, dan lain sebagainya di asumsikan sama dengan pembebanan pada alas. Statement diambilnya pembebanan pada alas dikarenakan beban terbesar pada kapal biasanya terdapat pada alas kapal. Berikut hasil rekapitulasi nilai pembebanan sisi, dan pembebanan geladak:

Tabel 4.15 Rekapitulasi Pembebatan Sisi dan Geladak

Range	PS Pelat		PD		
	Ps1	Ps2	Pelat	Penegar	Penumpu
$0 \leq x/L \leq 0,2$	29,248	25,049	4,674	3,505	2,804
$0,2 \leq x/L \leq 0,7$	21,804	12,575	4,249	3,187	2,549
$0,7 \leq x/L \leq 1$	27,331	23,189	5,311	3,983	3,187

selanjutnya akan digunakan untuk menghitung tebal pelat. Untuk perhitungan pembebatan secara mendetail dapat dilihat pada Lampiran B Analisis Teknis.

#### 4.9.2. Tebal Pelat

Setelah mendapatkan besar nilai beban pada setiap komponen kapal, maka selanjutnya adalah menghitung tebal pelat. Berikut rumus menghitung tebal pelat alas, sisi, dan geladak:

$$t_{B1} = 1,9 \cdot nf \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot K + t_K} \text{ (mm), jika panjang kapal} \leq 90 \text{ m}$$

$$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot \sqrt{P_B \cdot K + t_K} \text{ (mm)}$$

$$t_{min} = (1,5 - 0,01 L) \cdot \sqrt{L} \cdot k \text{ (mm), jika panjang kapal} < 50 \text{ m}$$

dimana,

$t_{B1}, t_{B2}, t_{min}$  = tebal pelat alas

$P_B$  = Beban pada alas ( $\text{kN/m}^2$ )

$k$  = material factor, 1

$nf = 1,00$ , untuk konstruksi melintang

= 0,83, untuk konstruksi memanjang

$a$  = jarak penegar (m)

$t_K$  = corrosion addition

$$\begin{aligned} t_K &= 1,5 \text{ mm} && \text{for } t' \leq 10 \text{ mm} \\ &= \frac{0,1 \cdot t'}{\sqrt{k}} + 0,5 \text{ mm, max. } 3,0 \text{ mm} && \text{for } t' > 10 \text{ mm} \end{aligned}$$

$t'$  = required rule thickness excluding  $t_K$  (mm)

Nilai dari variabel untuk menghitung tebal pelat alas sebagai berikut:

Tabel 4.16 Nilai Variabel Tebal Pelat Alas

No	Variabel	Nilai
1	$nf$ (konstruksi melintang)	1
2	$t_K$ ( $t' < 10 \text{ mm}$ )	1,5
3	Jarak penegar di area $0 \leq x/L \leq 0,2$	0,60
	Jarak penegar di area $0,2 \leq x/L \leq 0,7$	0,60
	Jarak penegar di area $0,7 \leq x/L \leq 1$	0,60

Setelah nilai *variable* diatas diketahui, maka dapat dihitung tebal pelat alas, Rekapitulasi nilai tebal pelat alas berdasarkan *range*-nya

Tabel 4.17 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Alas

Tebal Pelat	Nilai (mm)	Range
$t_B1$	9	$0 \leq x/L < 0,2$ [A]
$t_B2$	6	
$t_B1$	8	$0,2 \leq x/L \leq 0,7$ [M]
$t_B2$	8	
$t_B1$	9	$0,7 \leq x/L \leq 1$ [F]
$t_B2$	6	

Dari hasil rekapitulasi diatas, diambil nilai tebal pelat alas tertinggi yaitu 9 mm, dan untuk tebal pelat sisi dan geladak. Untuk memudahkan perhitungan maka diasumsikan pelat bangunan atas sama dengan pelat geladak dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.18 Rekapitulasi Nilai Tebal Pelat Sisi dan Pelat Geladak

Range	Pelat Sisi		Pelat Geladak (mm)	Pelat Bangunan Atas (mm)
	$Ts_1$ (mm)	$Ts_2$ (mm)		
$0 \leq x/L \leq 0,2$	8	6	6	6
$0,2 \leq x/L \leq 0,7$	7	6	6	6
$0,7 \leq x/L \leq 1$	8	5	7	7

Dari Tabel diatas, diambil nilai tebal pelat sisi tertinggi yaitu 8 mm dan pelat geladak dan bangunan atas diambil 7 mm. Perhitungan konstruksi kapal secara detail dapat dilihat dalam Lampiran B Analisis Teknis.

#### 4.9.3. Perencanaan Konstruksi Lambung Kapal

Untuk berat konstruksi lambung kapal, karena pada Tugas Akhir ini tidak menghitung perencanaan konstruksi dan kekuatan memanjang kapal, maka dari itu untuk berat konstruksi lambung seperti profil-profil diambil pendekatan empiris sebesar 20%-25% dari total berat baja lambung kapal. Pada Tugas Akhir ini diambil 20% dari berat baja lambung kapal, sehingga berat konstruksi lambung kapal didapat sebesar 28,654 Ton.

#### 4.10. Perhitungan Berat Kapal

Berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu komponen DWT (*Dead Weight tonnage*) dan komponen LWT (*Light Weight tonnage*).

#### 4.10.1. Perhitungan DWT

Komponen berat kapal DWT dalam Tugas Akhir ini terdiri dari berat *crew* kapal dan bawaannya, berat *lubricating oil*, berat *diesel oil*, berat *fresh water* dan berat bahan bakar untuk mesin induk dan genset. Komponen berat DWT dihitung secara langsung. Dibawah ini akan dijelaskan mengenai perhitungan berat DWT secara lebih detail pada Tabel 4.19 dibawah ini:

Tabel 4.19 Perhitungan komponen berat DWT

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b>Payload Kapal</b>		
	Peralatan penanganan oil spill	219,1	ton
<b>2</b>	<b>Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan</b>		
	Jumlah crew	38	persons
	Berat Crew Kapal	75	kg/person
	Berat barang bawaan crew	3	kg/person
	Berat total crew	2850	kg
	Berat total barang bawaan crew	114	kg
<b>Berat Total</b>		<b>2964</b>	<b>kg</b>
<b>Berat Total</b>		<b>2,964</b>	<b>ton</b>
<b>3</b>	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	70,561	ton
<b>4</b>	Berat Bahan Bakar untuk Genset	21,168	ton

Total Berat Bagian DWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Payload Kapal	<b>219,10</b>	<b>ton</b>
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan	2,964	ton
3	Berat untuk Fresh Water	55,478	ton
4	Berat Bahan Bakar untuk Genset	21,168	ton
5	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	70,561	ton
6	Berat Lubricant Oil	0,222	ton
<b>Total</b>		<b>369,493</b>	<b>ton</b>

#### 4.10.2. Perhitungan LWT

Komponen berat kapal LWT dalam Tugas Akhir ini terdiri dari berat lambung kapal, berat geladak kapal, berat bangunan atas, berat konstruksi lambung berat tiang penyangga, berat *equipment* dan *outfitting*, dan berat mesin induk. Komponen berat LWT dihitung secara

langsung. Dibawah ini akan dijelaskan mengenai perhitungan berat LWT secara lebih detail pada Tabel 4.20 dibawah ini:

Tabel 4.20 Perhitungan komponen berat LWT

Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
<b>1 Berat Lambung (hull) Kapal</b>	Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal		
	Luas dua lambung	1426,84	m <sup>2</sup>
	Luas Transom Belakang	26,950	m <sup>2</sup>
	Total luasan lambung kapal	1453,786	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat lambung	8	mm
		0,008	m
	Volume shell plate = luas x tebal	11,630	m <sup>3</sup>
	<i>r</i> baja	7,85	gr/cm <sup>3</sup>
		7850	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Berat Total</b>	91297,761	kg
		<b>91,298</b>	<b>ton</b>
<b>2 Berat Geladak (deck) Kapal</b>	Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal		
	Total luasan geladak kapal	945,768	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat geladak	7	mm
		0,007	m
	Volume shell plate = luas x tebal	6,620	m <sup>3</sup>
	<i>r</i> baja	7,85	gr/cm <sup>3</sup>
		7850	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Berat Total</b>	51969,952	kg
		<b>51,970</b>	<b>ton</b>
	<b>Berat Bangunan Atas</b>		
<b>3 Berat Bangunan Atas</b>	Total luasan Upper Deck	263,887	m <sup>2</sup>
	Total luasan ruang navigasi	122,820	m <sup>2</sup>
	Total luasan Bangunan Atas	386,707	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat	7	mm
		0,007	m
	Volume shell plate = luas x tebal	2,707	m <sup>3</sup>
	<i>r</i> baja	7,85	gr/cm <sup>3</sup>
		7850	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Berat Total</b>	21250	kg

Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
		<b>21,250</b>	<b>ton</b>
<b>4</b>	<b>Berat Konstruksi Lambung Kapal</b>		
	<i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% - 25% dari berat baja lambung kapal (<b>diambil 20%</b>)</i>		
	Berat baja lambung + geladak kapal	143,268	ton
	20% dari berat baja kapal	28,654	ton
	<b>Berat Konstruksi Total</b>	<b>28,654</b>	<b>ton</b>
<b>5</b>	<b>Berat Tiang Penyangga</b>		
	<i>Tiang Penyangga dipasang di setiap jarak gading besar material tiang menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm</i>		
	Tinggi Tiang	1,000	m
	Jumlah Tiang	40,000	
	Diameter Pipa	0,050	m
	Tebal pipa	0,003	m
	Luas permukaan tiang	6,283	m <sup>2</sup>
	Volume Tiang	0,019	
	r aluminium	2700,000	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Berat Total</b>	50,894	kg
		0,051	ton
<b>6</b>	<b>Equipment &amp; Outfitting</b>		
	Jangkar	1560	kg
	Peralatan Navigasi	300	kg
	Life Boat	3000	kg
	Crane	5000	kg
	Life Craft	580	kg
	<b>Berat Total</b>	10440	kg
		<b>10,4</b>	<b>ton</b>
<b>7</b>	<b>Berat Main Engine</b>		
	<i>Diambil dari katalog Wärtsilä 32</i>		
	Jumlah Inboard motor	2	unit
	Berat Inboard motor	113800	kg
	<b>Berat Total</b>	113800	kg
		<b>113,800</b>	<b>ton</b>
Total Berat Bagian LWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	91,298	ton
2	Berat Geladak Kapal	51,970	ton

Berat Kapal Bagian LWT					
No	Item			Value	Unit
3	Berat Bangunan atas dan Navigasi			21,250	ton
4	Berat Konstruksi Lambung Kapal			28,654	ton
5	Berat Tiang Penyangga			0,051	ton
6	Equipment & Outfitting			10,440	ton
7	Berat Main Engine			113,800	ton
<b>Total</b>				<b>317,462</b>	<b>ton</b>

#### 4.11. Perhitungan Titik Berat

##### 4.11.1. Dead Weight Tonnage (Berat DWT)

Rekapitulasi titik berat DWT berturut-turut disajikan dalam Tabel 4.21 berikut:

Tabel 4.21 Rekapitulasi Titik Berat komponen DWT

DWT			Fresh Water		
Crew			Fresh Water		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
4056	0,000	4,500	50478	-2,761	1,400

Marine Fuel Oil			Lub, Oil			Diesel Oil		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
235239	-1,049	1,400	633	-5,021	1,400	70572	11,427	1,400

##### 4.11.2. Light Weight Tonnage (LWT)

Rekapitulasi perhitungan berat dan titik berat LWT berturut-turut disajikan dalam Tabel 4.22 berikut:

Tabel 4.22 Rekapitulasi Titik berat komponen LWT

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
91297,761	-0,428	2,498	51969,952	1,116	4,500	28653,542	-0,428	2,498

Bangunan Atas			Equipment			2 Motor		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
21249,55515	0,00	6,50	10440	0,00	4,50	113800	-9,86	1,40

Setelah diketahui nilai dari *lightweight* dan *deadweight* seperti pada Tabel 4.19 dan Tabel 4.20, selanjutnya dilakukan perhitungan koreksi *displacement*. Koreksi *displacement* adalah selisih

antara penjumlahan dari *lightweight* dan *deadweight* dengan *displacement* kapal yang didesain dengan margin maksimum 5%. Tabel 4.23 adalah rekapitulasi perhitungan titik berat dan koreksi *displacement* yang dilakukan:

Tabel 4.23 Rekapitulasi perhitungan titik berat dan koreksi *displacement*

TOTAL LWT			TOTAL DWT		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
305,00	-1,154	2,234	360977	0,37	1,1483

BERAT TOTAL			DISPLACEMENT			SELISIH		CHECK DISPLAC EMENT
[kg]	LCG [m]	VCG [m]	[kg]	LCB [m]	VCB [m]	[kg]	%	
686955,10	-0,449	2,102	707500,0	-0,878	1,15116 6	20545	3%	OK

#### 4.12. Perhitungan *Freeboard*

Untuk perhitungan *Freeboard*, semua rumus yang diberikan mengacu pada “*International Convention of Load Lines 1966, Chapter 3*”. Hasil yang didapatkan adalah tinggi minimum *freeboard* yang diijinkan sehingga kapal bisa berlayar dengan rute pelayaran internasional. Berdasarkan load lines *freeboard* adalah *actual freeboard*  $\geq$  *minimum freeboard* dimana:

- *Actual freeboard* merupakan tinggi *freeboard* yang sebenarnya (H-T)
- Sedangkan *freeboard* minimum adalah hasil perhitungan menurut ICLL 1966 beserta koreksinya.

Dari perhitungan yang dilakukan didapatkan:

$$\begin{aligned} \text{Actual Freeboard} &= H-T \\ &= 4,5-1,85 \\ &= 2,65 \text{ m} \end{aligned}$$

Tabel 4.24 *Freeboard* hasil dari perhitungan

Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung Timbul yang Syaratkan	1,094	M
Lambung Timbul Sebenarnya	2,65	M
Kondisi	Diterima	

Karena *actual freeboard* lebih besar sama dengan dari *minimum freeboard*, maka *freeboard* kapal yang direncanakan memenuhi persyaratan ICLL 1966.

#### **4.13. Perhitungan Trim**

Perhitungan trim dilakukan berdasarkan *SOLAS Chapter II-1, Part B-1, Reg 5-1*. Dalam aturan tersebut, untuk melakukan pemeriksaan sarat dan trim kapal tidak boleh lebih dari  $\pm 0,5\% \cdot LWL$ . Dari perhitungan yang sudah dilakukan didapatkan nilai trim -0,251, dengan Batasan trim  $0,5\% LWL = 0,290$ . maka perhitungan trim memenuhi.

#### **4.14. Perhitungan Stabilitas**

##### **4.14.1. Langkah-langkah pemeriksaan stabilitas**

Langkah-langkah pemeriksaan stabilitas menggunakan *software Hydromax Profesional* adalah sebagai berikut:

1. Buka *software Hydromax Profesional*, klik *file-open* dan buka file hasil pemodelan lambung kapal katamaran. Pada kotak dialog *Section Calculation Options* pilih *Calculate new sections (ignore existing data, if any)*, karena analisis pada file ini belum pernah dilakukan sebelumnya. Pada pilihan *stations* pilih *50 low number of stations* dan pilih *medium* pada jenis *surface precision*.

2. Perencanaan Letak Tangki-Tangki *Consumable*

Tangki-tangki *consumable* meliputi tangki air tawar, tangki bahan bakar, tangki pelumas, tangki *diesel oil*, tangki-tangki *consumable* yang lain dalam kondisi tidak terisi penuh. Penambahan tangki dilakukan dengan cara klik menu *window-input* dan pilih *compartement definition*. Peletakan tangki-tangki *consumable* sesuai dengan posisi pada *general arrangement*.

3. Perencanaan Kondisi Pemuatan (*Loadcase*)

Kondisi pemuatan pada *maxsurf hydromax* dilakukan dengan langkah klik menu *windowloadcase*. Untuk membuat loadcase lebih dari satu bisa ditambahkan dengan klik menu *file –new loadcase* atau. Karena sebelumnya sudah dilakukan *tank calibration*, maka tangki-tangki yang telah direncanakan secara otomatis akan masuk pada data *loadcase*. Sedangkan untuk berat dan titik berat *lightship* dan muatan yang terdiri dari *crew* ditambahkan secara manual dengan cara klik kotak nomor kemudian tekan *CTRL+A* . Berat dan titik berat muatan dimasukkan berdasarkan hasil penyebaran berat pada perhitungan dan pemeriksaan berat dan titik berat kapal. Data kodisi *loadcase* 100 dapat dilihat pada Tabel 4.24 dibawah ini:

Tabel 4.25 Loadcase 100% Bahan bakar

	Item Name	Quantity	Unit Mass tonne	Total Mass tonne	Unit Volume m^3	Total Volume m^3	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonne.m	FSM Type
1	Lightship	1	317.410	317.410			-1.154	0.000	2.234	0.000	User Specifi
2	CREW	1	0.075	0.075			11.440	-3.000	4.500	0.000	User Specifi
3	CREW	1	0.075	0.075			11.440	3.000	4.500	0.000	User Specifi
4	Fuel Oil PS	100%	64.146	64.146	67.930	67.930	-8.973	-5.432	1.655	0.000	Maximum
5	Fuel Oil SB	100%	64.146	64.146	67.930	67.930	-8.973	5.432	1.655	0.000	Maximum
6	Diesel Oil PS	100%	23.258	23.258	27.688	27.688	1.869	-5.478	1.656	0.000	Maximum
7	Diesel Oil SB	100%	23.258	23.258	27.688	27.688	1.869	5.478	1.656	0.000	Maximum
8	Lube Oil PS	100%	36.787	36.787	39.986	39.986	-2.637	-5.431	1.656	0.000	Maximum
9	Lube Oil SB	100%	36.787	36.787	39.986	39.986	-2.637	5.431	1.656	0.000	Maximum
10	FW PS	100%	52.837	52.837	52.837	52.837	-0.973	-5.432	1.655	0.000	Maximum
11	FW SB	100%	52.837	52.837	52.837	52.837	-0.973	5.432	1.655	0.000	Maximum
12	Temporary	0%	73.118	0.000	82.312	0.000	13.296	5.418	2.500	0.000	Maximum
13	Temporary	0%	73.118	0.000	82.312	0.000	13.296	-5.418	2.500	0.000	Maximum
14	Total Loadca			671.617	541.507	376.883	-2.569	0.000	1.930	0.000	
15	FS correction									0.000	
16	VCG fluid									1.930	

#### 4.14.2. Pemeriksaan Kondisi Stabilitas

Pada *maxsurf hydromax* analisis kriteria stabilitas dapat diatur melalui menu *analysis criteria*. Klik menu *analysis*, pilih submenu *criteria*. Pada kotak dialog *criteria* terdapat banyak pilihan kriteria untuk analisis stabilitas. Agar mempermudah dalam melakukan analisis maka dibuat folder baru khusus unutuk perhitungan kapal ini. Pada folder tersebut berisikan kriteria-kriteria yang dipilih seperti yang telah dijelaskan sebelumnya.

Setelah dilakukan pengaturan kriteria stabilitas, hasil analisis stabilitas dapat langsung dilakukan dengan cara *start analysis*. Klik menu *analysis*, pilih submenu *Analysis Type*, pilih *Large Angle Stability*, dan klik *start analysis*. Analisis dilakukan pada setiap kondisi pemuatan (*loadcase*) yang telah direncanakan sebelumnya. Setelah dilakukan *start analysis* pada setiap kondisi *loadcase*. Hasil yang didapatkan dapat dilihat pada lampiran tentang perhitungan stabilitas. Kemudian pada bab 4.14.3 terdapat kondisi stabilitas saat kapal beroperasi.

Tabel 4.26 Hasil analisis kriteria

	Code	Criteria	Value	Units	Actual	Status	Margin %
1	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.1 Area 0 to 30</b> <i>from the greater of</i> spec. heel angle <i>to the lesser of</i> spec. heel angle angle of max. GZ first downflooding angle higher heel angle required GZ area at higher heel angle shall be greater than (>)	0.0	deg	0.0	Pass	
2			30.0	deg			
3			25.5	deg	25.5		
4			n/a	deg			
5			30.0	deg			
6			3.1510	m.deg			
7			3.7137	m.deg	76.1256	Pass	+1949.87
8							
9							
10							
11							
12	HSC 2000 Annex 7 Multihull. Intact	<b>1.2 Angle of max. GZ</b> shall not be less than (>=)	10.0	deg	25.5	Pass	+154.55
13							
14							
15	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	<b>3.1.2.1: Area 0 to 30</b> <i>from the greater of</i> spec. heel angle <i>to the lesser of</i> spec. heel angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0.0	deg	0.0	Pass	
16			30.0	deg	30.0		
17			90.0	deg			
18			3.1513	m.deg	98.9870	Pass	+3041.15
19							
20							
21							
22							
23	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	<b>3.1.2.1: Area 0 to 40</b> <i>from the greater of</i> spec. heel angle <i>to the lesser of</i> spec. heel angle first downflooding angle angle of vanishing stability shall not be less than (>=)	0.0	deg	0.0	Pass	
24			40.0	deg	40.0		
25			n/a	deg			
26			90.0	deg			
27			6.1566	m.deg	146.2813	Pass	+2736.78
28							
29							
30							
31							
32	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	<b>3.1.2.1: Area 30 to 40</b> <i>from the greater of</i> spec. heel angle	30.0	deg	30.0	Pass	
33							
34							
35							
36							
37							
38							
39							
40							
41	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	<b>3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater</b> <i>in the range from the greater of</i> spec. heel angle <i>to the lesser of</i> spec. heel angle angle of max. GZ shall not be less than (>=)	30.0	deg	30.0	Pass	
42			90.0	deg	90.0		
43			25.5	deg			
44			0.200	m	4.944	Pass	+2372.00
45							
46							
47							
48							
49							
50							
51	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	<b>3.1.2.3: Angle of maximum GZ</b> shall not be less than (>=)	25.0	deg	25.5	Pass	+1.82
52							
53							
54	A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	<b>3.1.2.4: Initial GMt</b> spec. heel angle shall not be less than (>=)	0.0	deg		Pass	
55			0.150	m	14.121	Pass	+9314.00
56							
57							

#### 4.14.3. Loading Condition

*Loading Condition* adalah kondisi muatan saat kapal beroperasi, baik mulai dari berangkat sampai kembali ke pangkalan. Dalam perhitungan tugas akhir ini digunakan 5 kondisi, diantaranya:

- Kondisi A

Kondisi A adalah Kondisi dimana muatan kosong 0%, namun bahan bakar 100% karena kondisi ini adalah kondisi kapal akan beroperasi.

2. Kondisi B

Kondisi B adalah Kondisi dimana kapal telah sampai ditempat operasi, namun muatan masih 0 % atau kosong karena kapal baru tiba dilokasi. Sehingga memerlukan waktu untuk melakukan persiapan penanganan.

3. Kondisi C

Kondisi C adalah Kondisi dimana kapal mengangkut muatan dengan muatan 50%, terisi atau *full load*

4. Kondisi D

Kondisi D adalah kondisi dimana kapal akan menuju ke pelabuhan dengan muatan 100 % *full load*.

5. Kondisi E

Kondisi E adalah kondisi dimana kapal sudah sampai dipangkalan dengan muatan dan bahan bakar 0 %

Dari 5 kondisi tersebut didapatkan hasil perhitungan yang memakai kriteria *IMO A.749 (18) Chapter 3* dan *HSC Code 2000 Annex 7*, hasil tersebut dapat dilihat pada table 4.25 dibawah ini:

Tabel 4.27 Rekapitulasi hasil perhitungan kriteria

Data	Kondisi A	Kondisi B	Kondisi C	Kondisi D	Kondisi E	Kriteria	Kondisi
3.1.2.1: Area 0 to 30 (m.deg)	61,4611	49,5951	51,3306	53,3396	40,8702	$\geq 3,1513$	Accepted
3.1.2.1: Area 0 to 40 (m.deg)	164,859	162,622	155,922	148,389	176,072	$\geq 5,1566$	Accepted
3.1.2.1: Area 30 to 40 (m.deg)	47,6261	43,0804	42,1987	39,5954	44,9465	$\geq 1,7189$	Accepted
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater (m)	4,957	4,525	4,459	4,232	4,681	$\geq 0,2$	Accepted
3.1.2.3: Angle of maximum GZ (deg)	19,1	15,5	16,8	17,7	11,8	$\geq 10$	Accepted
3.1.2.4: Initial GM <sub>t</sub> (m)	21,166	27,121	23,098	23,975	39,692	$\geq 0,15$	Accepted

#### **4.15. Pembuatan Rencana Garis**

Setelah semua perhitungan selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan Rencana Garis atau *Lines Plan*. *Lines Plan* ini merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara memanjang (*sheer plan*), dan vertikal memanjang (*half breadth plan*). *Lines Plan* berguna untuk mendapatkan desain kapal yang sesuai, terutama desain ruang muat. Ada banyak cara membuat *Lines Plan*. Pada Tugas Akhir ini menggunakan metode literasi *sample design* pada *software Maxsurf*. Langkah awal dalam membuat *Lines Plan* adalah mencari data kapal terdahulu (*parent ship*). Kemudian kapal tersebut karakteristiknya disesuaikan dengan kapal yang direncanakan. Setelah itu dilakukan penyempurnaan menggunakan *software CAD*. Dalam menggambar *half breadth plan* dan *sheer plan* juga dibantu oleh kedua *software* tersebut.

Langkah-langkah pengerjaan Rencana Garis kapal adalah sebagai berikut:

1. Membuka jendela awal *software maxsurf*
2. Menginput *Parent Ship* sesuai dengan jenis kapal yang akan dibuat
3. Menentukan ukuran utama kapal pada *size surface*
4. Membagi *stations*, *buttock lines* dan *water lines* pada *design grid*
5. Meng-export *Lines Plan* yang telah dibuat pada pada *maxsurf* ke *software CAD*

Setelah bentuk *Lines Plan* sesuai dengan yang diinginkan, pembuatan Rencana Garis mendekati tahap akhir. Model dapat langsung di-export ke format dxf untuk diperhalus dengan *software CAD*. Untuk menyimpan Rencana Garis dari model yang telah dibuat, buka salah satu pandangan dari model, kemudian klik *file>export> DXF and IGES*, atur skala 1:1, kemudian klik ok dan *save file* baru tersebut.

Setelah didapatkan *body plan*, *sheer plan* dan *half-breadth plan*, langkah selanjutnya adalah menggabung ketiganya dalam satu file.dwg yang merupakan *output* dari *software CAD*. Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada Rencana Garis yang telah didapat.

#### **4.16. Pembuatan Rencana Umum**

Dari gambar *Lines Plan* yang sudah dibuat, maka dapat dibuat pula gambar *General Arrangement* dari *Marine Disaster Prevention catamaran boat*. *General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software CAD*. Menurut (Taggart, 1980), karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- a. Penentuan lokasi ruang utama
- b. Penentuan batas-batas ruangan
- c. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- d. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan *General Arrangement* katamaran ini adalah penataan geladak utama yang baik agar memberikan ruang yang leluasa dan menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan yang dimaksud adalah sebagai berikut:

- a. Ruang Crew
- b. Kamar mesin
- c. Tangki-tangki (bahan bakar, *ballast*, air tawar, dll)

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

- a. Sekat kedap masing-masing ruangan
- b. Stabilitas yang cukup
- c. Struktur / konstruksi
- d. Penyediaan akses yang cukup

Penyusunan rencana umum merupakan suatu proses bertahap yang disusun dari percobaan, pengecekan, dan penambahan. Referensinya bisa didapat dari data rencana umum kapal-kapal pembanding yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang. Pendekatan penyelesaian permasalahan rencana umum harus didasarkan pada informasi minimum yang meliputi:

- Penentuan volume ruang muat berdasarkan jenis dan jumlah muatan yang dimuat. Metode penyimpanan dan bongkar muat muatan.
- Penentuan volume ruangan untuk kamar mesin berdasarkan jenis dan dimensi mesin. Penentuan volume ruangan akomodasi berdasarkan jumlah *crew*, dan standar akomodasi.
- Penentuan volume tangki-tangki terutama untuk bahan bakar, jenis mesin, jenis bahan bakar, dan radius pelayaran.
- Penentuan pembagian dan pembatasan jarak sekat melintang.
- Penentuan dimensi kapal (L, B, H, dan T).

*Lines plan* yang telah dibuat sebelumnya. Setelah semua langkah tersebut dipenuhi dan desain kapal sudah jadi maka diperlukan pengecekan kembali atas ukuran-ukuran utama apakah sudah

sesuai dengan yang ditentukan atau belum. Kemudian hal yang harus dipertimbangkan juga adalah desain kapal secara keseluruhan. Hal ini berfungsi sebagai daya tarik untuk penumpang. Semakin menarik desain kapal wisata maka semakin banyak pula penumpang yang akan menggunakannya. Pemilihan peralatan juga harus diperhatikan agar sesuai dengan perhitungan titik berat kapal. Hal ini berfungsi agar perhitungan teknis dengan gambar kapal tidak rancu.

#### **4.16.1. Data Utama Kapal**

Tabel 4.28 Ukuran utama kapal MDPS

Ukuran Utama Kapal		
Loa	60,0	m
Lwl	57,9	m
Sarat (T)	1,85	m
Lebar (B)	16,80	m
Tinggi (H)	4,50	m
Kecepatan dinas	30,0	Knots
CB	0,419	

#### **4.16.2. Penentuan Panjang Konstruksi**

Adapun perhitungan L konstruksi sebagai berikut:

$$0,96 \text{ LWL} = 55,61 \text{ m}$$

$$0,97 \text{ LWL} = 56,19 \text{ m}$$

$$\text{Lpp} = 57,9 \text{ m}$$

Sesuai dengan ketentuan, maka L<sub>Konstruksi</sub> = 56,19 m. yang mendekati nilai L<sub>pp</sub>.

#### **4.16.3. Penentuan Jarak Gading**

Untuk jarak gading direncanakan sebesar 0,6 m. (Ref: BKI 98)

#### **4.16.4. Tinggi Floor**

Tinggi minimal *floor* pada kapal katamaran didapatkan 672 mm dan direncanakan sebesar 800 mm.

#### **4.16.5. Perencanaan Sekat Kedap**

Dalam perencanaannya, sekat-sekat kedap yang akan digunakan antara lain:

- 1 sekat tubrukan (*collision bulkhead*)
- 1 sekat depan kamar mesin
- 1 sekat ceruk buritan

#### **4.16.6. Perencanaan Tangki**

- A. Tangki Bahan Bakar (*Fuel Oil Tank*) Tangki *fuel oil* diletakkan didepan kamar mesin, pada bagian kedua hull.
- B. Tangki Air Kotor (*Seawage Tank*) Tangki air kotor diletakkan pada bagian tengah kapal tepat dibawah ruang akomodasi
- C. Tangki Air Tawar Tangki air tawar diletakkan di depan tanki *fuel oil*
- D. Tangki *Diesel Oil* Tangki *diesel oil* diletakkan didepan tangki *Lubricant Oil*
- F. Tangki *Lubricating Oil* Tangki *lubricating oil* diletakkan didepan tangki *Fuel Oil*.

#### **4.16.7. Perencanaan Lampu Navigasi**

##### **A. *Anchor Light* (lampu jangkar)**

- Jumlahnya 1 buah.
- Dipergunakan pada waktu kapal sedang lego jangkar agar kapal lain mengetahui bahwa suatu kapal sedang melego jangkar.
- Warna lampu putih.
- Sudut sinar  $360^\circ$ .
- Tinggi dari geladak 6 m.
- Dapat dilihat pada jarak minimal 3 mil
- Lampu jangkar buritan dipasang bila dilengkapi dengan jangkar buritan.

##### **B. *Mast Head Light***

- Berfungsi agar tidak terjadi tabrakan pada saat kapal berlayar (untuk mengetahui arah gerakan kapal).
- Jumlahnya 2 buah. Lampu pertama berjarak terendah 6 m dari geladak utama dan tertinggi 12 m. Lampu kedua berjarak 4.5 m dari lampu pertama.
- Warna lampu putih.
- Sudut sinar  $225^\circ$ .
- Dapat dilihat pada jarak minimal 5 mil.

##### **C. *Side Light* (lampu samping)**

- Berfungsi untuk membedakan sisi kiri dan kanan kapal.
- Jumlahnya 2 buah diletakkan masing-masing di sisi kiri dan kanan geladak navigasi.
- Warna merah pada lambung sisi kiri dan warna hijau pada lambung sisi kanan.
- Sudut sinar  $112,5^\circ$ .
- Dapat dilihat pada jarak minimal 2 mil.

- Tinggi lampu dari geladak utama adalah  $\frac{3}{4}$  tinggi mast head light depan.

#### **D. Stern Light (lampu Belakang)**

- Jumlah 1 buah.
- Warna lampu putih.
- Sudut sinar  $135^\circ$ .
- Dapat dilihat pada jarak minimal 2 mil.
- Diletakan dibelakang kapal dan tinggi 2 m dari geladak.

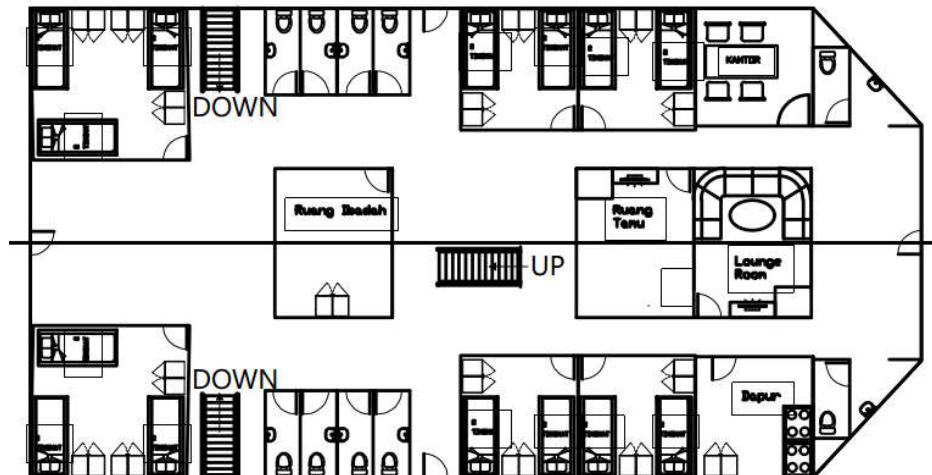
#### **E. Red Light**

- Red light berfungsi sebagai lampu rambu-rambu pada saat cuaca berkabut atau saat kapal kandas.
- Jumlah 2 buah dan diletakkan pada mast atau tiang muatan. Daya lampu masing masing 200 watt. 75
- Sudut penyinaran lampu  $360^\circ$ .
- Dapat dilihat sampai sejauh 2 mil.

#### **4.16.8. Layout Ruangan**

##### **1. Main Deck (Geladak Utama)**

*Main Deck (Geladak Utama)* Pada geladak utama terdapat Ruang tidur untuk *Crew* dapur dan sebagainya, dapat dilihat pada gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.11 Geladak Utama

## 2. Second Deck (Geladak Kedua)

Pada geladak kedua, terdapat gudang serta bengkel dari MDPS. Selain itu, pada geladak ini juga terdapat ruang akomodasi bagi Awak Buah Kapal (ABK) yang dapat menampung sebanyak 8 orang. Dapat dilihat pada gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.12 Geladak kedua

### 4.17. Penentuan Sistem Keselamatan

Untuk alat-alat keselamatan perencanaan didasarkan pada "SOLAS 74/78". Adapun beberapa peralatan keselamatan yang digunakan antara lain :

A. Pelampung Penolong (*Lifebuoy*) Adapun ketentuan-ketentuan dalam menentukan pelampung adalah sebagai berikut:

- Kapal dilengkapi dengan pelampung sebanyak 20 buah, 10 buah dilambung kanan dan 10 buah dilambung kiri.
- Warnanya cerah dan mudah dilihat, harus mampu menahan di air tawar selama 24 jam.
- Diletakkan pada dinding dan kubu-kubu serta dilengkapi tali.
- Dilengkapi dengan lampu yang bisa menyala secara otomatis jika jatuh ke laut pada malam hari.
- Diletakan ditempat yang mudah dilihat dan dijangkau.

B. Baju Penolong (*Life Jacket*)

Adapun ketentuan-ketentuan yang digunakan untuk menentukan baju penolong adalah sebagai berikut:

- Setiap ABK dilengkapi dengan satu baju penolong.
- Baju penolong disimpan di tiap lemari dari ABK
- *Life jacket* harus mampu menahan dalam air tawar selama 24 jam, berat 7,5 kg besi.

Jumlah baju penolong = 38 sesuai dengan jumlah *Crew* kapal.

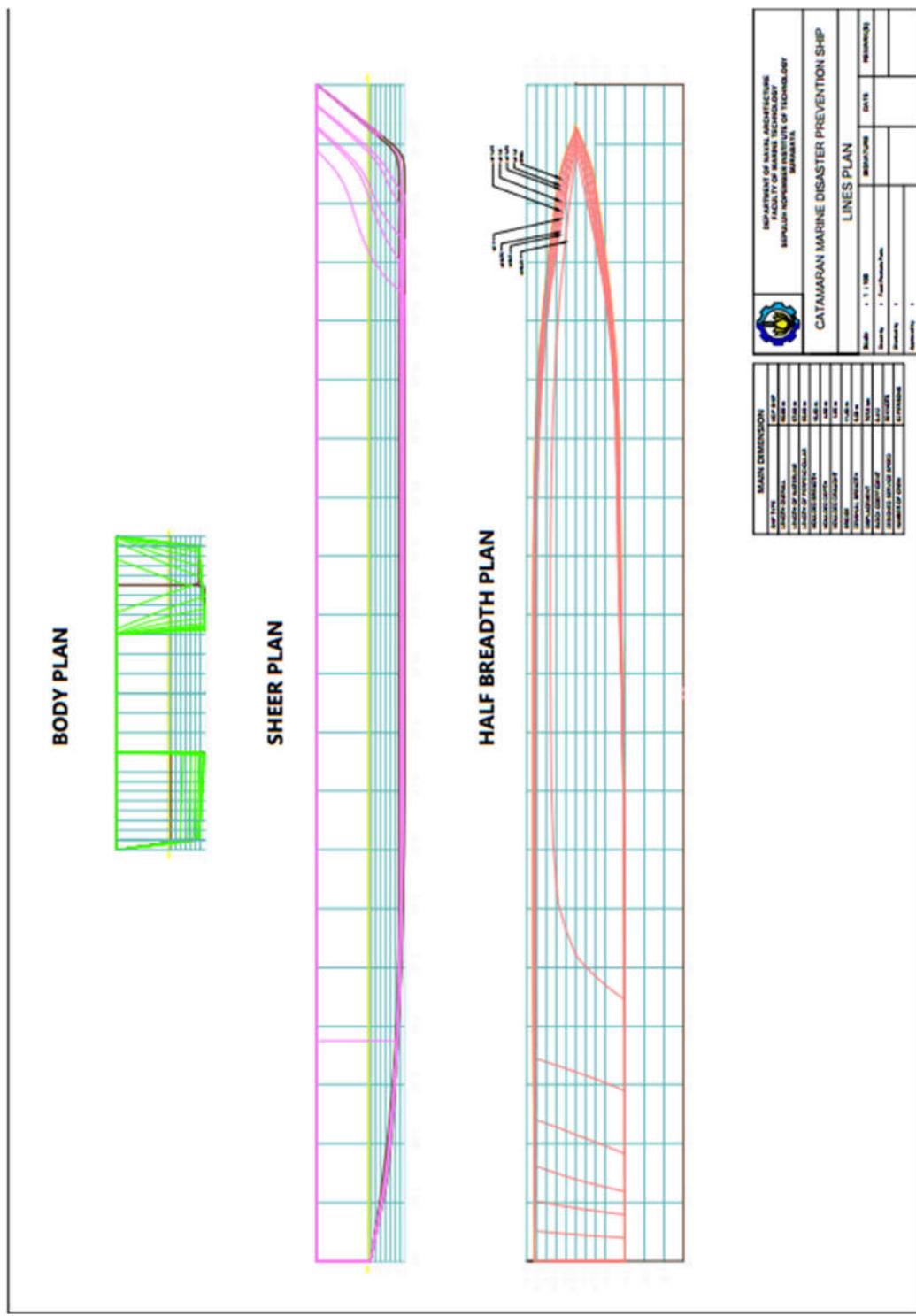
### C. Tanda- Tanda Bahaya dengan Sinyal atau Radio

Kapal dilengkapi dengan tanda bahaya. Menunjukkan tanda bahaya bisa menggunakan sinyal ataupun radio. Tanda bahaya yang berupa sinyal seperti:

- Lampu menyala
- Asap
- Roket
- Lampu sorot
- Cermin

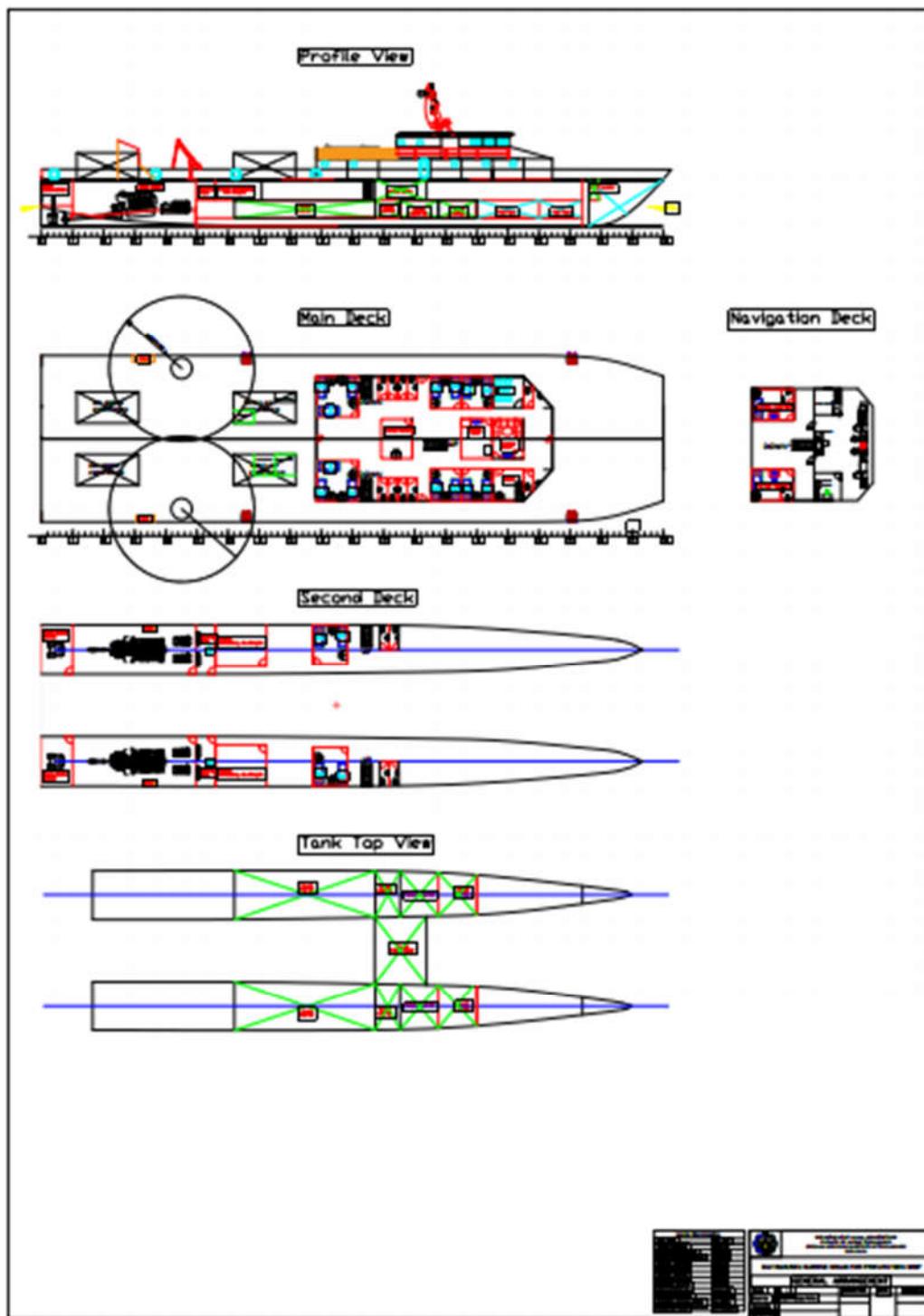
### D. Alat Pemadam Kebakaran

Alat pemadam kebakaran diletakkan di tempat-tempat yang memungkinkan terjadinya kebakaran, misalnya pada kamar mesin ataupun dapur. Ada berbagai tipe, umumnya seperti yang ada di darat. Sistem pemadam kebakaran berupa *foam*. Sistem ini dibuat dalam tangki khusus *foam* dan pembuatannya dapat dilakukan di atas kapal. Selain itu terdapat juga sistem pemadam kebakaran berupa pompa air. Kecepatan dan tekanan pompa harus mampu mencapai *deck* teratas dan saluran selang terdapat pada tiap *deck*. Berdasarkan perencanaan peletakan muatan, peletakan perlengkapan dan peralatan fasilitas kapal *Marine Disaster Prevention*, pembagian sekat serta mempertimbangkan beberapa hal lainnya, maka didapatkan desain Rencana Umum akhir dari (*Marine disaster prevention Ships* (MDPS) seperti tampak pada Gambar dibawah ini. Untuk gambar yang lebih jelas dapat dilihat pada Lampiran D laporan Tugas Akhir ini.



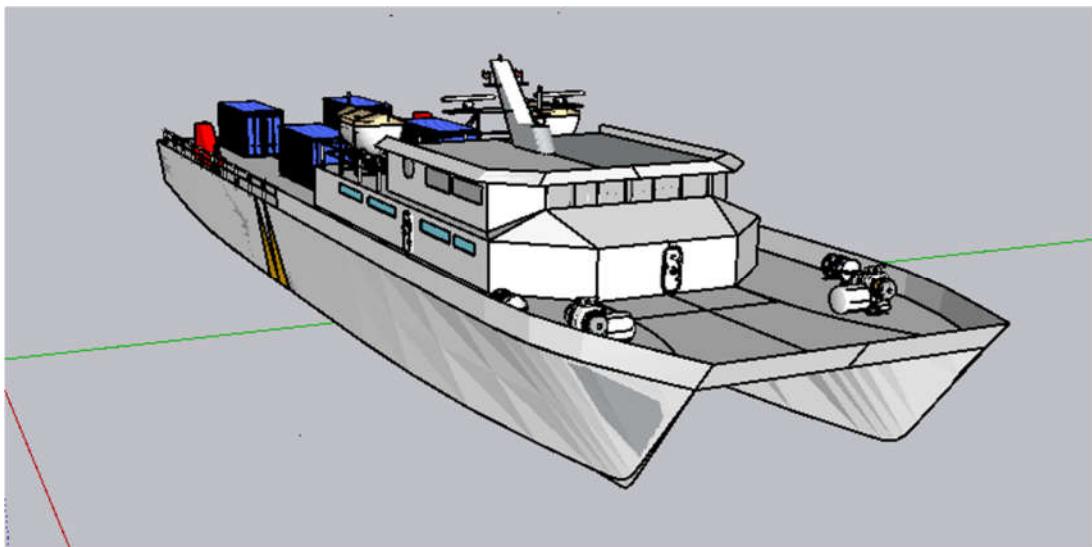
Gambar 4.13 Rencana Garis

Gambar 4.13 merupakan desain rencana garis (*Lines Plan*) dari kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS).



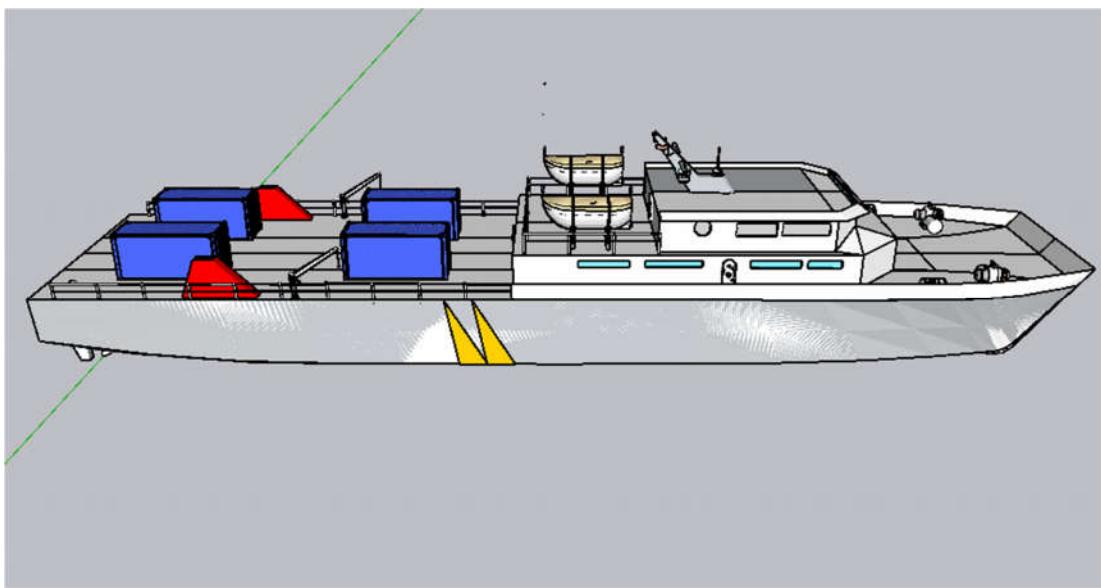
Gambar 4.14 Rancangan Umum

Gambar 4.14 merupakan desain Rancangan Umum (*General Arrangement*) dari kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS).



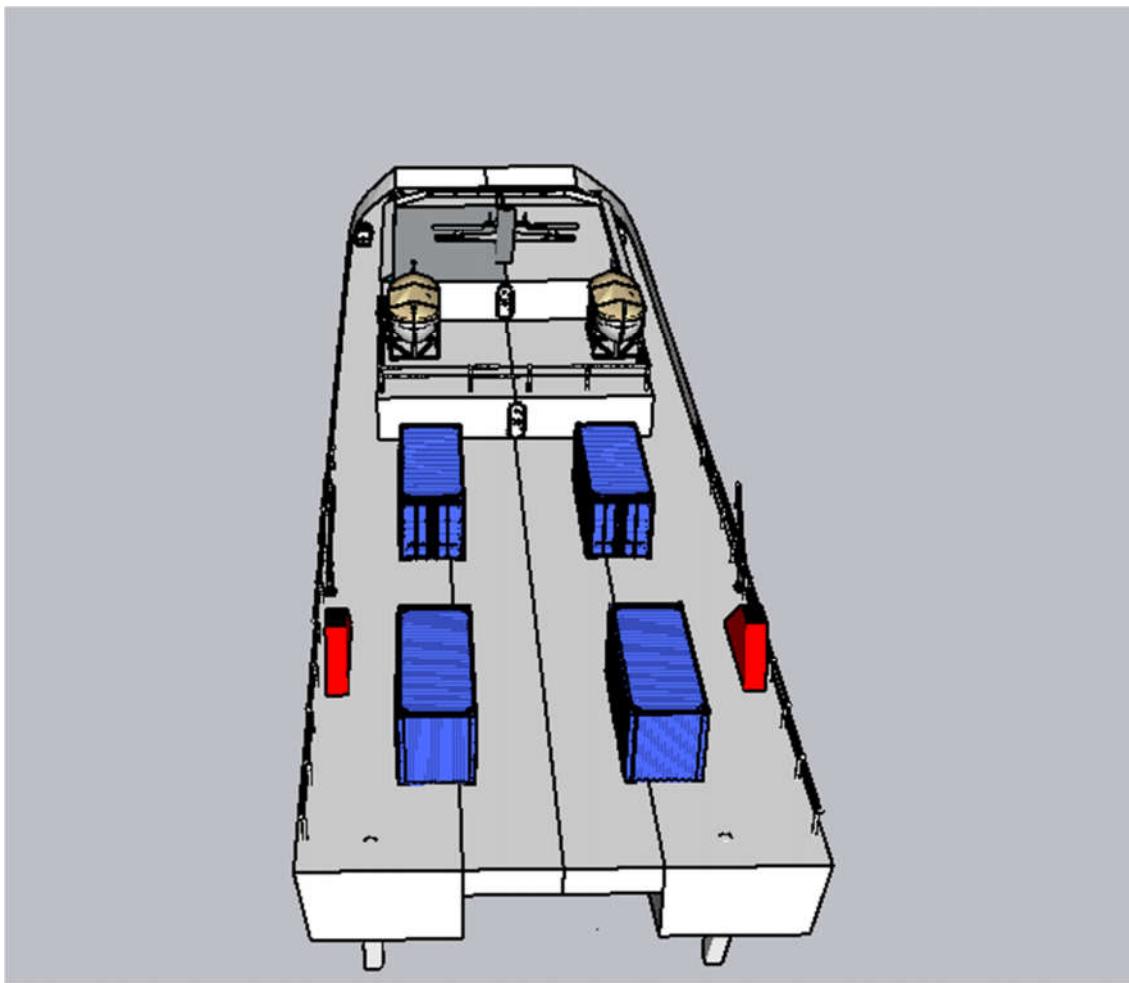
Gambar 4.15 Desain 3D tampak perspektif

Pada Gambar 4.15 adalah desain 3D Tampak perspektif dari kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)



Gambar 4.16 Desain 3D tampak samping

Pada Gambar 4.16 merupakan desain 3D tampak samping kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)



Gambar 4.17 Desain 3D tampak Atas

Gambar 4.17 diatas adalah desain 3D tampak atas kapal *Marine Disaster Prevention Ship* (MDPS)

Halaman ini sengaja dikosongkan

## BAB 5

### ANALISA EKONOMIS

#### 5.1. Biaya Pembangunan Kapal

Dari Biaya pembangunan kapal terdiri dari beberapa komponen, yaitu biaya pelat baja kapal, biaya peralatan yang digunakan, biaya motor kapal, dan sebagainya. Pada tabel 5.1 dibawah ini akan dijelaskan mengenai perhitungan biaya pembangunan kapal.

Tabel 5.1 Rekapitulasi Biaya pembangunan kapal

Building Cost			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Lambung Kapal (hull)</b> <i>(tebal pelat Sisi= 8 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533,98	USD/ton
	<i>(tebal pelat Alas= 9 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533,98	USD/ton
	Berat hull	91,30	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	48751,45	USD
2	<b>Geladak Kapal (deck)</b> <i>(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533,98	USD/ton
	Berat geladak	51,97	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	27751,07	USD
3	<b>Konstruksi Lambung</b>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533,98	USD/ton
	Berat konstruksi	28,654	ton
	Harga Konstruksi Lambung	15300,5	USD
4	<b>Ruang Bangunan Atas</b>		
	<i>(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	Harga	533,98	USD/ton

Building Cost				
		Berat Ruang Navigasi	21,250	ton
		Harga Ruang Navigasi	11346,9	USD
	5	<b>Elektroda</b>		
		(diasumsikan 6% dari berat baja kapal)		
		Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com		
		Harga	500	USD/ton
		Berat baja kapal total (hull, deck, konst, atap)	11,590	ton
		Harga Elektroda	5795	USD
	6	<b>Atap Kapal</b>		
		(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)		
<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>				
	Harga	534,0	USD/m <sup>2</sup>	
	Luas atap kapal	122,82	m <sup>2</sup>	
	total	65,584	USD	
	<b>Total Harga Baja Kapal</b>	<b>174529</b>	<b>USD</b>	

No	Item	Value	Unit
1	<b>Railing dan Tiang Penyangga</b>		
	(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)		
	Sumber: <a href="http://www.metaldepot.com">www.metaldepot.com</a>		
	Harga	35,00	USD/m
	Panjang railing dan tiang penyangga	28,00	m
	Harga Railing dan Tiang Penyangga	980	USD
2	<b>Jangkar</b>		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit	1,000	USD
	Harga jangkar	2,000	USD
	<b>Peralatan Navigasi &amp; Komunikasi</b>		
	<b>a, Peralatan Navigasi</b>		
	<b>Radar</b>	2,600	USD
	<b>Kompas</b>	60	USD
	<b>GPS</b>	850	USD
	<b>Lampu Navigasi</b>		
	- Masthead Light	9,8	USD
	- Anchor Light	8,9	USD

Building Cost			
- 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	
Harga Peralatan Navigasi	<b>25,613</b>	USD	
<b>b. Peralatan Komunikasi</b>			
<b>Radiotelephone</b>			
Jumlah	1	Set	
Harga per set	172	USD	
Harga total	<b>172</b>	USD	
<b>Digital Selective Calling (DSC)</b>			
Jumlah	1	Set	
Harga per set	186	USD	
Harga total	<b>186</b>	USD	
<b>Navigational Telex (Navtex)</b>			
Jumlah	1	Set	
Harga per set	12,500	USD	
Harga total	<b>12,500</b>	USD	
<b>EPIRB</b>			
Jumlah	1	Set	
Harga per set	110	USD	
Harga total	<b>110</b>	USD	
<b>SART</b>			
Jumlah	2	Set	
Harga per set	450	USD	
Harga total	<b>900</b>	USD	
<b>SSAS</b>			
Jumlah	1	Set	
Harga per set	19,500	USD	
Harga total	<b>19,500</b>	USD	
<b>Portable 2-way VHF Radiotelephone</b>			
Jumlah	2	Unit	
Harga per unit	87	USD	
Harga total	<b>174</b>	USD	
Harga Peralatan Komunikasi	<b>33,542</b>	USD	

Building Cost			
<b>3</b>	<b>Peralatan Keselamatan Penumpang</b>		
	<b>Life Boat</b>		
	Jumlah	<b>2</b>	Unit
	Harga per unit	2,400	USD
	Harga Total	<b>4,800</b>	USD
	<b>Life Raft</b>		
	Jumlah	<b>4</b>	Unit
	Harga per unit	<b>1,475</b>	USD
	Harga Total	<b>5,900</b>	USD
	<b>Life Jacket</b>		
	Jumlah	<b>52</b>	Unit
	Harga per unit	<b>16</b>	USD
	Harga Total	<b>832</b>	USD
	Harga Total Peralatan Keselamatan Penumpang	<b>11,532</b>	USD

Biaya Pembangunan			
No	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b>Baja Kapal &amp; Elektroda</b>	<b>174529</b>	<b>USD</b>
<b>2</b>	<b>Equipment &amp; Outfitting</b>	<b>73667</b>	<b>USD</b>
<b>3</b>	<b>Tenaga Penggerak</b>	<b>3295306</b>	<b>USD</b>
<b>Total Harga (USD)</b>		<b>3543501</b>	<b>USD</b>
<b>Kurs Rp - USD (per 29 Juni 2020, BI)</b>		<b>14297</b>	<b>Rp/USD</b>
<b>Total Harga (Rupiah)</b>		<b>50.661.440.874</b>	<b>Rp</b>

Dari perhitungan di atas dapat diketahui bahwa biaya pembangunan kapal adalah sebesar 3.543.501 USD. Kemudian dengan kurs yang didapat dari Bank Indonesia per 29 Juni 2020 adalah 1 USD = Rp. 14.297. sehingga jika dikonversikan ke rupiah menjadi Rp. 50.661.440.874 Milyar. Namun biaya tersebut masih hanya sebatas biaya material saja, untuk biaya seperti biaya pembuatan kapal di galangan dapat dilihat di table 5.2 berikut:

Tabel 5.2 Koreksi biaya pembangunan kapal

sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 2012

No	Item	Value	Unit
Koreksi Ekonomi	<b>1 Keuntungan Galangan</b>		
	<i>5% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan	2.533.072.043,71	Rp
2 Biaya Untuk Inflasi			
	<i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Inflasi	1.013.228.817,48	Rp
<b>Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi</b>		<b>3.546.300.861,19</b>	<b>Rp</b>

Dari tabel 5.2 didapatkan koreksi ekonomi sebesar Rp 3.546.300.861,19, Sehingga jika diakumulasikan diperoleh biaya akhir dari pembangunan kapal senilai Rp 54.207.741.735,35.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB 6**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **6.1. Kesimpulan**

Dari penelitian yang sudah dilakukan sebelumnya, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Kapal MDPS memiliki misi untuk mengatasi perairan yang tercemar akibat tumpahan minyak dan melakukan pembatasan wilayah perairan yang mengalami pencemaran minyak serta beroperasi di wilayah padat kapal tanker.
2. Fasilitas yang ada pada MDPS adalah fasilitas yang digunakan untuk mengatasi tumpahan minyak diantaranya: *Oil Boom* dengan Panjang 375 meter, *Oil Skimmer* berjumlah 2 dengan kapasitas penyerapan 30 ton/jam, *Oil Storage* dengan berat penampungan 180 ton, *Dispersant* berjumlah 1 dengan bahan kimia pengurai 30 ton, *Transfer Pump* berjumlah 1, dan *Powerpack* berjumlah 1.
3. Didapatkan ukuran utama kapal, yaitu:
  - Loa = 60 meter
  - Lwl = 57,9 meter
  - B = 16,8 meter
  - B<sub>1</sub> = 5 meter
  - H = 4,5 meter
  - T = 1,85 meter
  - S = 11,8 meter
  - Vs = 30 knots
  - Crew = 38 Orang
  - Cb = 0,546
4. Mendapatkan desain rencana garis (*lines plan*), rencana umum (*general arrangement*) dan desain 3D. Dapat dilihat dilampiran.
5. Dari perhitungan yang telah dilakukan, dapat diketahui bahwa biaya pembangunan kapal adalah sebesar Rp. 54.207.741.735,35.

## **6.2. Saran**

Berikut ini akan diberikan beberapa saran mengenai hasil analisis Tugas Akhir agar ke depannya menjadi lebih baik lagi, adalah sebagai berikut :

1. Diperlukan peninjauan lebih rinci mengenai luasan tumpahan minyak. Karena metode yang digunakan masih sebatas pendekatan.
2. Diperlukan adanya peninjauan lebih rinci terhadap aspek konstruksi, stabilitas dan kekuatan kapal mengingat sangat dibutuhkannya kapal *Marine disaster prevention Ships* (MDPS) di Indonesia karena jumlahnya yang masih sedikit, sementara pada Tugas Akhir ini masih banyak digunakan perhitungan secara pendekatan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- AIS. (2020, 6 15). *Marinetraffic*. Retrieved from Firefox: <https://www.marinetraffic.com>, 2020
- Clark, R. (2003). *Marine Pollution*. New York: Oxford University Press.
- Clarke, D. and Kurniawati, H.A. (2000). "Can Ship Manoeuvring be Chaotic?". In M. Blanke (Ed.), *Proceedings of 5th IFAC Conference on Manoeuvring and Control of Marine Crafts 2000*, (pp. 339-344). Aalborg, Denmark.
- EIA. (2017, juli 29). *Petroleum & Other Liquids* . Retrieved from Firefox: <https://www.eia.gov/petroleum/gasdiesel/>
- Erikstad. (2012). System based ship design.
- Evans. (1959). Basic Design Concept. 672.
- Farhanudin. (2017). Desain Hospital Ship untuk perairan Indonesia.
- Fleetmon. (2020, Agustus 4). *Fleetmon.co*. Retrieved from Firefox: [https://www.fleetmon.com/vessels/kn-sar-pacitan\\_0\\_8858812/](https://www.fleetmon.com/vessels/kn-sar-pacitan_0_8858812/)
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- HeksaMandiri. (2017, januari 6). *Mandiri Utama*. Retrieved from Firefox: <https://dealerpompa.com/category/transfer-pump/page/2/>
- Ikehata, M., and Chandra, S. (1989). Theoretical Calculation of Propulsive Performances of Stator-Propeller in Uniform Flow by Vortex Lattice Method. *Journal of the Society of Naval Architects of Japan*, 166, 17-25.
- IMO. (1993). Code on Intact Stability for All Types of Ships Covered By Imo Instruments International Maritime Organiza Tio. 749.
- IMO. (2000). HSC 2000 Code-International Code of Safety for High-Speed Craft, 2000 Resolution MSC.97(73). 97.
- Inameq. (2019, oktober 19). *Marine News*. Retrieved from Firefox: [inameq.com/types-of-ship/teori-desain-kapal](https://inameq.com/types-of-ship/teori-desain-kapal)
- Indoavis. (2020, Juni 15). Retrieved from Firefox: <http://www.indoavis.net/mmap/docs/NAUTICAL%20MAPs.Indoesia/dat/batam.html>
- International Maritime Organization (IMO). (2012, April 12). *Titanic Remembered by IMO Secretary-General*. Retrieved May 4, 2012, from IMO web site: <http://www.imo.org>
- International Maritime Organization (IMO). (Consolidated Edition 2009). *International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974, as amended (SOLAS 1974)*. London: IMO Publishing.
- Japan Radio Co. (JRC). (2009). Catalogue. *Electronic Chart Display and Information System (ECDIS)*. Tokyo.
- Kompas.com. (2020). *Letak dan Luas Indonesia*. DKI Jakarta: Kompas.com.
- Kurniawati, H.A. (2009). Lecture Handout. *Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- Linde, H. (2004). Multipurpose Cargo Ships. In T. Lamb (Ed.), *Ship Design and Construction* (Vol. 2, pp. 27-35). New Jersey.
- Pearaso. (2014, februari 24). *Wordpress*. Retrieved from Firefox: <https://pearaso7.wordpress.com/2014/02/24/jib-crane>
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory* (5th ed., Vol. 1). Oxford: Butterworth-Heinemann.

- Sirojudin. (2017). *DESAIN MARINE DISASTER PREVENTION SHIPS (MDPS) UNTUK MENGAWSI, MENANGANI, DAN MENCEGAH PENCEMARAN LAUT DI AREA PELABUHAN TANJUNG PERAK, SURABAYA*. Surabaya: ITS.
- Sjahrir, A. (1993, Maret 22). Prospek Ekonomi Indonesia. *Jawa Pos*. Surabaya.
- Slickbar. (2020, juli 5). *Slikbar.co*. Retrieved from Firefox: <http://www/slickbar.co.id/id/produk/oil-boom>
- Slickbar. (2020, juli 5). *Slikbar.co*. Retrieved from Firefox: <http://www/slickbar.co.id/id/produk/detail/slickdisc-mk-30-skimmer>
- Slickbar. (2020, 7 5). *Slikbar.co*. Retrieved from Firefox: <http://www/slickbar.co.id/id/produk/detail/floating-storage-tank-fst>
- Slickbar. (2020, Juli 5). *Slikbar.co*. Retrieved from Firefox: <http://www/slickbar.co.id/id/produk/oil-spill-dispersant>
- Slickbar. (2020, juli 5). *Slikbar.co*. Retrieved from Firefox: <http://www/slickbar.co.id/id/produk/powerpack>
- Trans, B. (2016, April 14). *BeritaTrans.com*. Retrieved from Firefox: <http://beritatrans.com/2016/04/14/kn-alugara-satu-satunya-perwakilan-kemenhub-dimnek-2016/>
- Trans, B. (2018, july 9). *BeritaTrans.com*. Retrieved from Firefox: <http://beritatrans.com/2018/07/09/kapal-patroli-kn-trisula-amankan-pelayaran-di-lokasi-semburan-gas-pipa-bawah-laut-bojonegara/>
- Trans, B. (2020, januari 3). *BeritaTrans.com*. Retrieved from FIrefox: <http://beritatrans.com/2020/01/03/kapal-kplp-kn-sarotama-p-112-patroli-di-natuna/>
- van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge*. Enkhuizen, The Netherlands: Dokmar.
- Wartsilla. (2020, 6 15). *Wartsilla 32*. Retrieved from Firefox: <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/diesel-engines/wartsila-32>
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design* (Vol. 1). (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Weber, B. (1985, October 20). The Myth Maker: The Creative Mind. *New York Times Magazines*, 42. New York.
- Wijholst, N. (1996). *Design Innovation in Shipping*. Stevinweg: Delft University Pres.
- Wikipedia. (2020, July 27). *Wikipedia*. Retrieved from en.wikipedia.org: [https://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_maritime\\_disasters\\_in\\_the\\_20th\\_century](https://en.wikipedia.org/wiki/List_of_maritime_disasters_in_the_20th_century)



## **LAMPIRAN**

LAMPIRAN A DATA PENDUKUNG

LAMPIRAN B PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS

LAMPIRAN C *LINES PLAN*

LAMPIRAN D *GENERAL ARRANGEMENT*

LAMPIRAN E *3D MODEL*



**LAMPIRAN A**  
**DATA PENDUKUNG**



Tahun	Jumlah Limbah Minyak	
	m3/Thn	Ton/thn
2005	3048.75	2439.00
2006	3028.19	2422.55
2007	2924.41	2339.53
2008	2983.80	2387.04
2009	2903.77	2323.02
2010	2636.38	2109.11
2011	2814.98	2251.98
2012	2790.75	2232.60
2013	2771.29	2217.03
2014	2756.04	2204.84
2015	2744.55	2195.64
2016	2671.72	2137.38
2017	2639.29	2111.43
2018	2606.87	2085.49

sumber : PT. Pelabuhan Indonesia

Tahun	Peristiwa	Tumpahan Minyak (Ton)
1972	Super Tanker <i>Myrtea</i> kandas	1000
1975	Tabrakan <i>Isugawa Maru</i> vs <i>Silver Palace</i>	1000
1975	Super Tanker <i>Showa Maru</i> kandas	3300
1987	Tanker <i>Stolt Advance</i> kandas	2300
1992	Tabrakan <i>Nagasaki Spirit</i> vs <i>Ocean Blessing</i>	100000
1993	Tanker <i>Maersk Navigator</i>	290000
1996	<i>MT Song San</i> bocor	NA
1997	Tabrakan Tanker <i>Orapin Global</i> vs Tanker <i>Evoikos</i>	28500
2000	<i>Tanker Natuna Sea</i> kandas	7000
2008	<i>MV Damai Lestari</i> vs <i>Tanker Pancoral</i>	700
2010	<i>MT Bunga Kelana 3</i> , <i>St. Vincents</i> vs <i>MV Wally</i>	2500
2014	Tabrakan <i>Lime Galaxy</i> vs <i>Feihe</i>	760
2015	<i>MV Thorco Cloud</i> dan <i>MT Stolt Commitment</i>	560

Tahun	Peristiwa	Tumpahan Minyak (Ton)
2017	Tanker Wan Hai 301 vs MT APL Denver	300

NO	NAMA KAPAL	OWNER	KET	Panjang Kapal (m)
1	BULL KALIMANTAN, LARGE RANGE (CO)	Buana Lintas Lautan (BULL)	DWT: 106548 YOB: 2002	240.5
2	OCEANIA, LARGE RANGE (CO)	Buana Lintas Lautan (BULL)	DWT: 106560 YOB: 2002	240.5
3	BULL DAMAI 1, LARGE RANGE (CO)	Buana Lintas Lautan (BULL)	DWT: 115000 YOB: 2004	250.17
4	ERAWAN 99, LARGE RANGE (CO)	Arcadia Shipping	DWT: 105715 YOB: 1999	240
5	MT Phoenix Alpha XXXV, LARGE RANGE (CO)	Soechi Group	DWT: 104707 YOB: 2003	248
6	OCEAN LI, LARGE RANGE (CO)	Soechi Group	DWT: 105051 YOB: 1999	243
7	SC CHAMPION XLV, LARGE RANGE (CO)	Soechi Group	DWT: 109325 YOB: 2001	245
8	CSK VALIANT, LARGE RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 107200 YOB: 2003	249.9
9	DEFIANCE, LARGE RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 105538 YOB: 2002	239
10	ALPHA POINT, LARGE RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 106029 YOB: 2005	248
11	SEABORN PETRO, LARGE RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 106638 YOB: 2003	240.5
12	NECTAR, LARGE RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 105317 YOB: 2005	239
13	PETROLEUM 115, LARGE RANGE (CO)	Suasa Benua Sukses	DWT: 109280 YOB: 2000	244.6
14	NUSA MERDEKA, LARGE RANGE (CO)	PT Mahameru Nusa Mentari	DWT: 117709 YOB: 2003	243.55
15	SC WARRIOR L, LARGE RANGE (WO)	Soechi Group	DWT: 105426 YOB: 1997	241
17	FORTUNE GLORY XLI, MEDIUM RANGE (BO)	Soechi Group	DWT: 33540 YOB: 1997	179
18	CHAMPION ONE, MEDIUM RANGE (BO)	Waruna Group	DWT: 36362 YOB: 1993	173
19	EXPLORINDO 1, MEDIUM RANGE (CO)	Buana Lintas Lautan (BULL)	DWT: 35751 YOB: 2001	183

NO	NAMA KAPAL	OWNER	KET	Panjang Kapal (m)
20	GRIYA CIREBON, MEDIUM RANGE (CO)	Humpuss	DWT: 44995 YOB: 2003	180
21	MARLIN 88, MEDIUM RANGE (CO)	Arcadia Shipping	DWT: 46986 YOB: 1998	182.5
22	SUCCESS DALIA XLVIII, MEDIUM RANGE (CO)	Soechi Group	DWT: 37419 YOB: 2001	183
23	ALIA XVII, MEDIUM RANGE (CO)	Soechi Group	DWT: 35669 YOB: 2003	183
24	UNION TRUST, MEDIUM RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 37383 YOB: 2004	182.55
25	ARTEMIS, MEDIUM RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 36997 YOB: 2004	182.55
26	GREEN PLUS, MEDIUM RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 37229 YOB: 2001	182.55
27	GREEN STARS, MEDIUM RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 36038 YOB: 2001	183
28	EMMANUEL, MEDIUM RANGE (CO)	Waruna Group	DWT: 37113 YOB: 2002	182.55
29	TENDER HARMONY, MEDIUM RANGE (CO)	PT Global Maritim Industri	DWT: 37217 YOB: 2004	182.55
32	RATU RUWAIDAH, MEDIUM RANGE (WO)	Armada Samudra Global	DWT: 37025 YOB: 2005	182.55
33	OLYMPUS I, MEDIUM RANGE (WO)	Buana Lintas Lautan (BULL)	DWT: 34826 YOB: 2001	171.2
34	BULL FLORES, MEDIUM RANGE (WO)	Buana Lintas Lautan (BULL)	DWT: 37383 YOB: 2002	183
35	PETRO SAMUDRA, MEDIUM RANGE (WO)	Buana Lintas Lautan (BULL)	DWT: 37329,9 YOB: 2004	182.55
36	MAHAKAMAH I, MEDIUM RANGE (WO)	Pelita Bara Samudera	DWT: 31690 YOB: 2001	176.53
37	MT.FASTRON, MEDIUM RANGE (WO)	Pertamina International Shipping	DWT: 30770 YOB: 2005	180

NO	NAMA KAPAL	OWNER	KET	Panjang Kapal (m)
38	SC EXPRESS LV, MEDIUM RANGE (WO)	Soechi Group	DWT: 37270 YOB: 2001	182.55
39	SC ESTEEM LII, MEDIUM RANGE (WO)	Soechi Group	DWT: 37320 YOB: 2003	183
40	SC EXPLORER LIII, MEDIUM RANGE (WO)	Soechi Group	DWT: 37321 YOB: 2003	183
41	SAAMIS ADVENTURER, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 30929 YOB: 1996	175
42	AMBERMAR, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 31491 YOB: 2002	183
43	MADONNA SUN, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 30561 YOB: 1999	174
44	SHIP TRINITY, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 35834 YOB: 2000	183
45	HIPPO, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 45992 YOB: 1997	183
46	RHONE, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 35769 YOB: 2000	183
47	AIKATERINI, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 35769 YOB: 2001	183
48	GLOBAL TOP, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 41109 YOB: 1995	179.8
49	OVERSEAS PETROMAR, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 35769 YOB: 2001	183
50	LOMBA MAS, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 35841 YOB: 2000	183
51	TANKER VICTORY, MEDIUM RANGE (WO)	Waruna Group	DWT: 40485 YOB: 1997	179.8

**LAMPIRAN B**  
**PERHITUNGAN TEKNIS DAN EKONOMIS**



Tahun	Jumlah Limbah Minyak
	m3
2005	3048.75
2006	3028.19
2007	2924.41
2008	2983.8
2009	2983.8
2010	2903.77
2011	2814.98
2012	2790.75
2013	2771.21
2014	2756.04
2015	2744.55
2016	2671.72
2017	2639.29
2018	2606.87

2833.437857 m3

283343.7857 liter

141.6718929 jam

No.	Nama	Panjang (m)
1	Batu Ampar	3600
2	Sekupang	1609
3	Kabil	16000

penentuan Oil boom

2833.4379                          2000 m

Penentuan OIL skimmer

283.34379 kemampuan 1000 liter/jam

penentuan Oil Storage berdasarkan Displacement kapal

pendekatan dengan rumus luas lingkaran

L.O = 283343.79 phi r^2

= 90154.84091

menggunakan keliling lingkaran

r = 300.2579573

phi.D

D = 600.5159146

1887.335731                          2000 m

no.	nama peralatan	kekuatan/dimensi	kg	ton	jumlah	total
1	Oil Boom	375 m (kapasitas 10 kg/m)	3750	3.75	2	7.5
2	Oil Skimmer	30 ton/jam	250	0.25	2	0.5
3	Oil Storage		90000	90	2	180
4	JIB	3000 kg max load	2000	2	1	2
5	Dispersant System	100 kg berat alat penyemprot, 30 ton cairan kimia	30100	30.1	1	30.1
6	Transfer Pump	15 kW/(50m3/h)	250	0.25	2	0.5
7	PowerPack	50 kW	500	0.5	1	0.5
	total					219.1

<b>Output Ukuran Utama dan Perhitungan Koefisien</b>				
<b>Ukuran Utama</b>				
Loa	=	60.0 m		
Lpp	=	57.9 m	Jarak Pelayaran	
B	=	16.8 m	s	= 553 nautical mi
B <sub>1</sub>	=	5.00 m		
H	=	4.50 m		
T	=	1.85 m		
S	=	11.800 m		57.924
V <sub>max</sub>	=	30.0 knot	=	15.4 m/s
V <sub>s</sub>	=	28.0 knot	=	14.4 m/s
g	=	9.81 m/s <sup>2</sup>		
payload	=	185 ton		
<b>Batasan Perbandingan Ukuran Utama</b>				
L/B <sub>1</sub>	=	12.00	; Sahoo, Browne & Salas (2004)	→ 10 < L/B <sub>1</sub> < 15
B/H	=	3.733	; Insel & Molland (1992)	→ 0.7 < B/H < 4.1
S/L	=	0.197	; Insel & Molland (1992)	→ 0.19 < S/L < 0.5
S/B <sub>1</sub>	=	2.360	; Insel & Molland (1992)	→ 0.9 < S/B < 4.1
B <sub>1</sub> /T	=	2.703	; Insel & Molland (1992)	→ 0.9 < B/T < 3.1
B <sub>1</sub> /B	=	0.298	; Multi Hull Ships, hal. 61	→ 0.15 < B <sub>1</sub> /B < 0.3
<b>Perhitungan Koefisien dan Ukuran Utama Lainnya</b>				
1. Displasement			2. Volume Displasemen	
Dari artikel yang ditulis oleh Terho Harme,			$\nabla_t = L \cdot B \cdot T \cdot H$	
Diperoleh total Displacement kapal katamaran:			= 690.244	
$\Delta = 707.50 \text{ ton}$	(maxsurf)		volume displacement untuk 1 hull adalah	
			$\nabla = 345.122$	
3. Koefisien Blok			4. Perhitungan Froude Number	
Ref: (Practical Evaluation Of Resistance Of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part 1)			$F_n = V_s / (g \cdot L_{wl})$	
C <sub>B</sub> = $\nabla / (L \cdot B \cdot T)$			= 0.604	
= 0.419	(maxsurf)			
5. Koefisien Luas Midship			6. Koefisien Prismatik	
Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html			Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html	
C <sub>M</sub> = $A_M / (T \cdot B_M)$			C <sub>P</sub> = $\nabla / (A_s \cdot L_{wl})$	
C <sub>M</sub> = 0.544	(maxsurf)		(luas station terluas setinggi : 0.778)	
7. Koefisien Bidang Garis Air				
Ref: www.catamaransite.com/catamaran_hull_design_formulas.html				
C <sub>WP</sub> = $A_{wp} / (B_{wl} \cdot L_{wl})$		8. Panjang Garis Air		
C <sub>WP</sub> = 0.539	(maxsurf)	L <sub>pp</sub> = L <sub>wl</sub>	= 57.924	

## Perhitungan Hambatan

### **Ukuran Utama**

$L_{wl}$	=	57.924 m
$L_{pp}$	=	57.924 m
$B$	=	17 m
$B_1$	=	5.000 m
$H$	=	4.500 m
$T$	=	1.850 m
$S$	=	11.800 m
$C_B$	=	0.419
$C_M$	=	0.544
$C_P$	=	0.778
$C_{WP}$	-	0.539
$Fr$	=	0.604
$V_{max}$	=	15.4 m/s
$V_s$	=	14.403 m/s

Dari Paper M. Insel, Ph.D dan A.F. Molland, M.Sc. Ph.D., C.Eng. Didapat rumus tahanan total untuk katamaran adalah sbb :

$R_t$	=	$0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times 2 C_{tot}$	N
Dimana			
$\rho$	=	massa jenis fluida	= 1000 kg/m <sup>3</sup>
WSA	=	luas permukaan basah	
$V$	=	kecepatan kapal	= 15.432 m/s
$C_{tot}$	=	koefisien hambatan total	
$C_{tot}$	=	$(1+\beta k) * C_f + \tau * C_w$	
Dimana			
$(1+\beta k)$	=	Catamaran Viscous Resistance Interference	
$C_f$	=	Viscous Resistance	
$\tau$	=	Catamaran Wave Resistance Interference	
$C_w$	=	Wave Resistance	

### **Perhitungan**

#### 1. *Viscous Resistance (ITTC 1957)*

##### ④ $C_F$

$$\begin{aligned}
 R_n &= \frac{L_{wl} \cdot V_s}{v} = (LWL \cdot VS) / (1.18831 \cdot [10]^{-6}) \\
 &= 702081912 \\
 v &= \text{Viskositas Kinematis} \\
 C_F &= 0.075 / ((\log R_n - 2))^2 \\
 &= 0.002771
 \end{aligned}$$

●  $1+\beta k_1$  (*Catamaran Viscous Resistance Interference*)

harga  $(1+\beta k)$  dapat ditentukan dari interpolasi harga  $\beta$  dan  $(1+k)$  dari model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$S/B1 = 2.360$$

$$L/B1 = 11.585$$

( variation of viscous interference factor with S/B1 from insel - molland)

S/B1					
$\beta$	1	2	3	4	5
	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
	1.6	1.57	1.54	1.52	1.5
	2.35	2.32	2.29	2.27	2.25
					L/B1
					7
					9
					11

S/B1			
$\beta$	2	3	2.36
	1.570	1.540	1.56
	2.320	2.290	2.31

untuk harga L/B1 = 7  
untuk harga L/B1 = 11

L/B1			
$\beta$	9	11	11.58
	1.56	2.31	2.53

Sehingga nilai  $\beta$  yang diambil adalah  $- 2.53$

Sedangkan untuk harga faktor bentuk monohull dengan  $(1+k)$  didapat dari interpolasi sebagai berikut :

(table II derived from factors for the models in monohull configuration)

Model	C3	C4
L/B1	9	11
$(1+k)$	1.3	1.17

Sehingga nilai  $(1+k)$  yang diambil adalah  $= 1.13$

$$\begin{aligned} \text{maka: } (1+\beta k) &= (\beta \times (1+k)) - \beta + 1 \\ (1+\beta k) &= 1.33 \end{aligned}$$

2. *Catamaran Wave Resistance Interference ( $\tau$ )*

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga  $(\tau)$  dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$S/L = 0.20$$

$$L/B1 = 11.58$$

$$Fr = 0.604$$

(wave resistance interference factor)

$\tau$	$(S/L)_1 = 0.2$		$(S/L)_2 = 0.3$		L/B1	
	Fr		Fr			
	0.6	0.7	0.6	0.7		
$\tau$	1.6	1.25	1.2	1.05	9	

	1.3	1.07	1.23	1.2	11
--	-----	------	------	-----	----

(S/L) <sub>1</sub> = 0.2			(S/L) <sub>2</sub> = 0.3		
Fn			Fn		
	0.6	0.7	0.604	0.6	0.7
$\tau$	1.6	1.25	1.585	1.2	1.05
	1.3	1.07	1.290	1.23	1.2
					1.229

Fn	0.604	0.604	0.604
S/L	0.2	0.3	0.204
$\tau$	1.585	1.194	1.571
	1.290	1.229	1.288

untuk harga L/B1 = 9  
untuk harga L/B1 = 11

Fn	0.604	0.604	0.604
S/L	0.204	0.204	0.204
L/B1	9	11	11.585
$\tau$	1.571	1.288	1.205

Sehingga nilai  $\tau$  yang diambil adalah = 1.205

### 3. Wave Resistance ( $C_w$ )

Untuk model kapal dengan bentuk *Round Bilge hull* sebagai *side hull*, maka harga ( $C_w$ ) dapat ditentukan dari interpolasi model yang diperoleh oleh Insel - Molland sebagai berikut :

$$L/B1 = 11.585$$

$$Fn = 0.604$$

(wave resistance factor)			
Fn			
	0.6	0.7	
Cw	0.0012	0.0023	9
	0.0008	0.0020	11

Fn			
	0.6	0.7	
Cw	0.0012	0.0023	0.0012 untuk harga L/B1 = 9
	0.0008	0.0020	0.0008 untuk harga L/B1 = 11

Fn	0.604	0.604	0.604
L/B1	9	11	11.5848
Cw	0.0012	0.0008	0.0006719

Sehingga nilai  $C_w$  yang diambil adalah = 0.0006719

$$C_{tot} = (1+\beta k) * Cf + \tau * Cw$$

$$C_{tot} = 0.004506$$

$$WSA = (\tilde{N}/B_1) ((1.7/(Cb-(0.2(Cb-0.65))))+(B_1/T)) m^2$$

(Ref: Practical Evaluation of Resistance of High-Speed Catamaran Hull Forms-Part I)

Wetted Surface Area:

$$S = 1.7LT + \frac{V}{T} m^2 \text{ as per Mumford}$$

$$S = \frac{V}{B} \left[ \frac{1.7}{C_B - 0.2(C_B - 0.65)} + \frac{B}{T} \right] m^2$$

WSA = 438.791149 m<sup>2</sup> untuk satu lambung  
 Karena katamaran memiliki 2 lambung, maka WSA-nya adalah  
 WSA<sub>total</sub> = 877.5823 m<sup>2</sup>

$$\begin{aligned} R_t &= 0.5 \times \rho \times WSA \times V^2 \times C_{tot} \\ R_t &= 470871.158 \text{ N} \\ R_t &= 470.87116 \text{ KN} \end{aligned}$$

### Perhitungan Propulsi dan Daya Mesin

#### Input Data

$$\begin{aligned} L_{WL} &= 57.924 \text{ m} \\ T &= 1.850 \text{ m} \\ B &= 17 \text{ m} \\ C_B &= 0.419 \\ V_{max} &= 15.4 \text{ m/s} \\ V_s &= 14.403 \text{ m/s} \\ R_t &= 470.871 \text{ kN} \end{aligned}$$

#### Perhitungan Awal

##### *Effective Horse Power (EHP)*

$$\begin{aligned} EHP &= R_t \cdot V_{dinas} && (\text{ref: PNA vol.II, hal.153}) \\ &= 6782.051 \text{ kW} && 1 \text{ HP} = 0.736 \text{ kW} \\ &= 9221.01 \text{ HP} \\ \eta_D &= ITTC && (\text{ref: Ship design and performance for master and merchant ships}) \\ &= 0.568 \end{aligned}$$

##### *Delivery Horse Power (DHP)*

$$\begin{aligned} DHP &= EHP / \eta_D && (\text{ref: Ship Resistance and Propulsion model 7 hal 179}) \\ &= 11940.231 \text{ kW} && 16234.2 \end{aligned}$$

##### *Brake Horse Power Calculation (BHP)*

$$1 \text{ HP} = 0.7355 \text{ kW}$$

$$\begin{aligned} BHP &= (EHP + 15\% EHP) / \eta_D \\ &= 18669.29 \text{ Hp} \\ &= 13731.27 \text{ kW} \end{aligned}$$

#### Karena Kapal Twin Screw, Power dibagi 2

$$\begin{aligned} Engine &= 9334.65 \text{ Hp} \\ Power &= 6865.63 \text{ Kw} \end{aligned}$$

No	Komponen	Variabel	Nilai	Formula	
1	Effective Horse Power	EHP	6782.051	R <sub>t</sub> .V	
2	Quasi-Propulsive Efficiency	$\eta_D$	0.568	ITTC	
3	Break Horse Power	BHP	6865.633	DHP + (X% DHP)	9511.77

## Pemilihan Mesin Induk

### MCR MESIN

BHP	=	6865.63 kW
	=	9334.65 HP

Menggunakan 2 mesin induk

The screenshot shows the Wärtsilä website with the following details:

- Header:** Wärtsilä logo, navigation menu (Home, Marine, Oil & Gas, Energy, Services, Products, Resources), search bar.
- Section:** Wärtsilä 32
- Image:** Large image of the Wärtsilä 32 engine.
- Text:**
  - The Wärtsilä 32 was developed in response to a need in the market for a new engine in the 220 mm cylinder bore class and since 1998 more than 2500 of these engines have been sold to the marine market. In total more than 4500 Wärtsilä 32 bore engines have been delivered to the marine market since the 1980s.
  - Based on the latest advancements in combustion technology, it is designed for efficient and easy maintenance in combination with long maintenance-free operating periods. The engine is fully equipped with all essential auxiliaries and a thoroughly planned interface to external systems.
  - The Wärtsilä 32 engine is fully compliant with the IMO Tier II exhaust emissions regulations set out in Annex VI of the MARPOL 73/78 convention.
- Buttons:** DOWNLOAD WÄRTSILÄ 32 BROCHURE, DOWNLOAD WÄRTSILÄ 32 PRODUCT DATA
- Footer:** Wärtsilä 32, IMO Tier II or III

### Mesin Utama

Merek :	Wärtsilä
Type :	Wärtsilä 32 - 12V32
Jumlah Silinder :	12
Konfigurasi :	Linear
Daya :	9280 kW 12609 HP
Putaran Mesin :	750 rpm

### Dimensi Mesin

L :	7905 mm
B :	3325 mm
H :	3575 mm

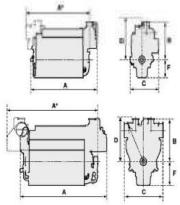
### Berat Mesin

1 mesin :	56900 kg
2 mesin :	113800 kg
Fuel Oil :	183 g/kWh 135 g/BPh
Lubricating Oil :	0.5 g/kWh

Cylinder bore	220 mm	Fuel specifications
Piston stroke	400 mm	Fuel oil 700 cSt/50°C
Cylinder output:	580kW/610hp	7300 µRI/102°F
Speed	180 rpm	ISO 8217
Mean effective pressure	28.9 bar	category ISO-P-RMK700
Piston speed	10.0 m/s	EPOC 178.8 g/kWh at ISO cond.

**Dimensions (mm) and weights (tonnes)**

Engine type	A'	A	B'	E	C	D	F	Weight
6L32	4920	5 925	2960	2310	2300	2245	1155	35.4
8L32	5960	6 370	2960	2325	2610	2545	1155	43.6
9L32	6450	6 865	2960	2325	2610	2545	1155	49.2
12V32	6625	6 865	2715	2375	2600	2120	1475	56.9
18V32	8660	7 905	3460	2570	3 325	2120	1475	71.7



\* turbocharger at flywheel end

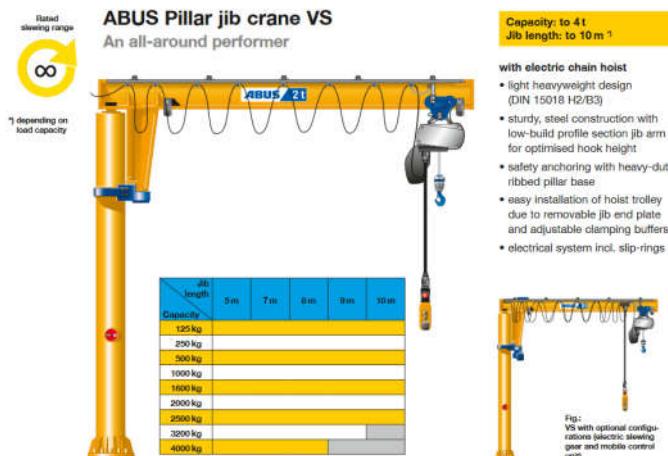
Definitions and notes	
Rated power	
Engine type	580 kW/cyl
6L32	3 480
8L32	4 640
9L32	5 220
12V32	6 960
16V32	9 280

<b>Genset</b>		MAN Diesel & Turbo	
Merek		8L16/24	
Type		8	
Jumlah Silinder		In-Line	
Konfigurasi		Daya	835
			kW
		Putaran Mesin	1136.054
			HP
			1200 rpm
Dimensi Genset			
L =		5086	mm
B =		1320	mm
H =		2457	mm
Berat Genset			
1 genset =		12400	kg
4 genset =		49600	kg
Fuel Oil		=	185.8 g/kWh
		=	136.6 g/BPh
			0.1858

## Equipment & Outfitting

### 1. JIB Crane

Jumlah	=	1 buah
Berat	=	5000 kg
Berat Total	=	5000 kg



## 2. Jangkar

Pemilihan jangkar mengacu pada perhitungan Z number.

$$Z = \Delta^{(2/3)} + 2hB + 0,1A$$

ref: Buku Ship Outfitting

Dimana :

Z	=	Z Number			
$\Delta$	=	Moulded Displacement	=	707.50	ton
h	=	Freeboard	=	2.65	m
B	=	Lebar	=	10	m
A	=	Luasan di atas sarat			
		Luasan deck	=	945.768	$m^2$
		Luasan Bangunan Atas	=	386.707	$m^2$
		Luasan total	=	1332.48	$m^2$

$$Z =$$

Pemilihan jangkar mengacu pada perhitungan Z number.

$$Z = \Delta^{(2/3)} + 2hB + 0,1A$$

ref: Buku Ship Outfitting

Dimana :

$$Z = 265.647$$

Dari katalog jangkar di BKI vol.2 tahun 2009, dapat ditentukan berat dan jumlah jangkar dengan Z number 266.91 yakni :

Jumlah = 2 unit

Marine Used Hall Anchor Type A B C

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$10.00 - \$999.00 / Piece | 1 Piece/Pieces (Min. Order)

First Payment Promo  
Up to USD 25 transaction fees waived by Alibaba.com



Shipping: Support Sea freight

Trade Assurance protects your Alibaba.com orders

Alibaba.com Freight | Learn more

Payments: VISA Online Bank Payment T/T Pay Later WesternUnion WU

Alibaba.com Logistics Inspection Solutions

重量 weight KG	H			h	L	L1	B	B1	锚卸扣 anchor shackle GB/T547
	A型	B型	C型						
40	557	557	430	303	430	303	167	198	a4
60	637	637	492	347	492	347	191	227	a5
100	760	760	590	410	584	410	228	270	a5
125	814	814	629	443	629	443	244	443	a5
150	866	866	665	470	670	470	260	308	a6
180	919	919	710	500	710	500	276	327	a7
240	1019	1019	788	552	784	552	305	361	a8
300	1095	1095	850	595	844	595	328	388	a9
360	1160	1160	898	630	898	630	347	412	a9
420	1222	1222	946	660	946	660	366	434	a9
480	1282	1282	986	690	988	690	384	454	a10
570	1356	1356	1042	732	1042	732	407	481	a11
660	1422	1422	1093	769	1096	769	426	506	a12
780	1506	1506	1159	813	1160	813	452	535	a12
900	1580	1580	1215	855	1220	855	472	560	a13
1020	1645	1645	1268	891	1268	891	492	584	a13
1140	1705	1705	1316	923	1319	926	510	605	a14
1290	1778	1778	1378	965	1374	965	532	630	a14
1440	1844	1844	1448	1001	1430	1001	552	655	a14
1590	1906	1906	1511	1035	1475	1035	571	677	a15
1740	1966	1966	1571	1068	1517	1068	589	698	a15

maka, jangkar yang dipilih ialah :

Berat = 780 kg  
Jumlah = 2 unit  
Berat Total = 1560 kg  
1.56 ton

### 3. Peralatan Navigasi dan Perlengkapan Lainnya

Belum ditemukan formula tentang perhitungan peralatan navigasi,

sehingga beratnya diasumsikan sebesar = 300 kg

### 4. Peralatan Keselamatan (Life boat, Life Raft, Life Jacket)



Totally Open Rescue Boat Lifeboat

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

\$2,400.00 - \$3,000.00 / Set 5 Set/Sets (Min. Order)

**First Payment Promo**  
Up to USD 25 transaction fees waived by Alibaba.com

 [Trade Assurance](#) protects your Alibaba.com orders  
[Alibaba.com Freight](#) [Learn more](#)

Payments:     

Alibaba.com Logistics  Inspection Solutions 

[View larger image](#)



Add to Compare 

Craft weigh	=	3000 kg
Daya angkut	=	15 orang
Diasumsikan dapat mengangkut	=	14 orang



[View larger image](#)

$$\text{Daya angkut} = 15 \text{ orang}$$

Dibutuhkan setidaknya 4 buah life raft

Berat 1 unit	=	145 kg
4 unit	=	580 kg

**LEADING**  
MARINE SAFETY



[View larger image](#)



Life jackets setidaknya mampu memenuhi jumlah semua kru diatas kapal yang jumlahnya 38 orang

15 Persons Capacity (6-25) Davit Launched Life raft Marine Inflatable Liferaft

1-4 Pieces	5-8 Pieces	>=9 Pieces
\$1,475.00	\$1,450.00	\$1,425.00

**First Payment Promo**  
Up to USD 25 transaction fees waived by Alibaba.com



Loading Capacity: 15 person \$1,475.00

-	1	+
---	---	---

Samples: \$1,475.00 /Piece, 1 Piece (Min. Order): [Buy Samples](#)

**Trade Assurance** protects your Alibaba.com orders

Payments:

Alibaba.com Logistics · Inspection Solutions

Marine Rescue Life Jacket Vest Adult

FOB Reference Price: [Get Latest Price](#)

**\$8.00 - \$16.00** / Piece | 1.0 Piece/Pieces (Min. Order)

**First Payment Promo**  
Up to USD 25 transaction fees waived by Alibaba.com

Type: Adults

Lead Time:

Quantity(Pieces)	1 - 10	>10
Est. Time(days)	2	Negotiable

[View larger image](#)

### Beban Pada Lambung

#### Ukuran utama public catamaran boat

Lwl	=	57.9	m	L konstruksi	
Lpp	=	57.9	m	Lwl	= 57.924 m
B	=	16.8	m	0.96 Lwl	= 55.61 m
T	=	1.85	m	0.97 Lwl	= 56.19 m
H	=	4.5	m	Yang diambil :	
C <sub>B</sub>	=	0.42		L konstruksi	= 56.19 m

#### Pelat Lunas Alas dan Bilga

Lebar pelat lunas tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} b &= 800 + 5L \\ &= 800 + 5 * 55.68 = 1080.9 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi : Lebar pelat lunas diambil = 1100 mm  
Lebar pelat bilga diambil = 1100 mm

#### Wrang Pelat

Tinggi wrang pelat tidak boleh kurang dari :

$$\begin{aligned} h &= 55B - 45 \\ &= 879.000 \text{ mm} \end{aligned}$$

Jadi : h yang diambil ialah : 1000 mm

#### Basic external dynamic load (P<sub>0</sub>)

$$P_0 = 2,1.(C_B + 0,7). C_0 . C_L . f . C_{RW} \quad [\text{kN/m}^2] \quad (\text{Ref: BKI vol 2 section 4})$$

dimana:  $C_0 = ((L/25)+4.1) \times Crw$ ; untuk  $L < 90$  m

$$C_0 = 4.761$$

f = 1 untuk pelat kulit, geladak cuaca

f = 0.75 untuk gading biasa, balok geladak

f = 0.6 Untuk Gading Besar, Senta, Penumpu

$$C_L = (L/90)^{1/2}; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$= 0.790$$

$C_{RW} = 0.75$ ; sheltered shallow water service

maka:  $P_0 = 6.629 \text{ [kN/m}^2]$  untuk pelat, geladak cuaca

$$P_0 = 4.972 \text{ [kN/m}^2]$$
 untuk penegar, gading biasa

$$P_0 = 3.978 \text{ [kN/m}^2]$$
 untuk penumpu, gading besar

$$\begin{aligned} P_{01} &= 2,6.(C_B+0,7).C_0.C_L \\ &= 10.944 \text{ [kN/m}^2] \end{aligned}$$

#### Beban pelat pada sisi kapal (P<sub>s</sub>)

Tabel 1

	<i>Range</i>	<i>Factor C<sub>D</sub></i>	<i>Factor C<sub>F</sub></i>
A	$0 \leq x/L < 0,2$	$1,2 - x/L$	$1,0 + 5/C_B [0,2 - x/L]$
	$x/L = 0,100$	$C_D = 1,100$	$C_F = 2,193$
M	$0,2 \leq x/L < 0,7$	1	1
	$x/L = 0,450$	$C_D = 1$	$C_F = 1$
F	$0,7 \leq x/L \leq 1$	$1,0 + c/3 [x/L - 0,7]$	$1 + 20/C_B [x/L - 0,7]^2$
	$x/L = 0,850$	$c = 0,15. L - 10$ $C_D = 1,250$	$C_F = 2,074$

**daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]**

$$P_0 = 6.629 \text{ kN/m}^2$$

untuk,  $Z_1 = 1.709 \text{ m}$  **(di bawah garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10(T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z/T) \quad (\text{Ref: BKI vol 2 section 4}) \\ &= 10(1.9 - 1.709) + 6.629 \times 2.193 \times (1 + 1.709/1.9) \\ &= 29.382 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk,  $Z_2 = 3.403 \text{ m}$  **(di atas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 6.629 \times 2.193 / (10 + 3.403 - 1.9) \\ &= 25.170 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]**

untuk,  $Z_1 = 0.500 \text{ m}$  **(di bawah garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10(T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z/T) \\ &= 10(1.9 - 0.500) + 6.629 \times 1 \times (1 + 0.500/1.9) \\ &= 21.921 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk,  $Z_2 = 2.246 \text{ m}$  **(di atas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 6.629 \times 1 / (10 + 2.246 - 1.9) \\ &= 12.753 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk,  $Z_3 = 4.000 \text{ m}$  **(di atas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 6.629 \times 1 / (10 + 4.000 - 1.9) \\ &= 10.912 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

**daerah  $0.7 \leq x/L \leq 1$  [F]**

untuk,  $Z_1 = 1.859 \text{ m}$  **(diatas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S1} &= 10(T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z/T) \\ &= 10(1.9 - 1.859) + 6.629 \times 2.074 \times (1 + 1.859/1.9) \\ &= 27.476 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

untuk,  $Z_2 = 3.646 \text{ m}$  **(diatas garis air)**

$$\begin{aligned} P_{S2} &= 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T) \\ &= 20 \times 6.629 \times 2.074 / (10 + 3.646 - 1.9) \\ &= 23.311 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

#### Rekapitulasi beban pada sisi kapal

A	29.382	kN/m <sup>2</sup>
	25.170	kN/m <sup>2</sup>
M	21.921	kN/m <sup>2</sup>
	12.753	kN/m <sup>2</sup>
	10.912	kN/m <sup>2</sup>
F	27.476	kN/m <sup>2</sup>
	23.311	kN/m <sup>2</sup>

dambil nilai maksimal, maka  
 $P_S = 29.382 \text{ kN/m}^2$

#### Beban pada dasar kapal ( $P_B$ )

$$P_B = 10 \cdot T + P_o \cdot C_F \quad (\text{Ref: BKI vol 2 section 4})$$

daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]

$$\begin{aligned}
 P_B &= 10 \times 1.9 + 6.629 \times 2.193 \\
 &= 33.040 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{pelat} \\
 P_B &= 29.405 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penegar} \\
 P_B &= 27.224 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penumpu}
 \end{aligned}$$

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]**

$$\begin{aligned}
 P_B &= 10 \times 1.9 + 6.629 \times 1 \\
 &= 29.444 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{pelat} \\
 P_B &= 23.472 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penegar} \\
 P_B &= 22.478 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penumpu}
 \end{aligned}$$

**daerah  $0.7 \leq x/L \leq 1$  [F]**

$$\begin{aligned}
 P_B &= 10 \times 1.9 + 6.629 \times 2.074 \\
 &= 41.197 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{pelat} \\
 P_B &= 28.812 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penegar} \\
 P_B &= 26.749 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{penumpu}
 \end{aligned}$$

#### Rekapitulasi beban pada dasar kapal

A	33.040	kN/m <sup>2</sup>
M	29.444	kN/m <sup>2</sup>
F	41.197	kN/m <sup>2</sup>

diambil nilai maksimal, maka  
 $P_B = 41.197 \quad \text{kN/m}^2$

#### Perbandingan beban sisi ( $P_S$ ) dengan beban dasar ( $P_B$ )

$$\begin{aligned}
 P_S &= 29.382 \quad \text{kN/m}^2 \\
 P_B &= 41.197 \quad \text{kN/m}^2
 \end{aligned}$$

diamond beban yang paling besar, maka beban maksimal pada Bottom

$$P = 41.197 \quad \text{kN/m}^2$$

#### Beban pada geladak cuaca ( $P_D$ )

$$P_D = (P_0 \times 20 \times T \times C_D) / ((10 + Z - T)H) \quad (\text{Ref: BKT vol 2 section 4})$$

$$\begin{aligned}
 P_0 &= 6.629 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca} \\
 P_0 &= 4.972 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa} \\
 P_0 &= 3.978 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar} \\
 H &= 4.500 \quad \text{m} \\
 Z &= 4.500 \quad \text{m}
 \end{aligned}$$

**daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]**

$$\begin{aligned}
 C_D &= 1.100 \\
 P_D &= (6.629 \times 20 \times 1.9 \times 1.100) / [(10 + 4.500 - 1.9) \times 4.500] \\
 &= 4.740 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca} \\
 P_D &= 3.555 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penegar, gading biasa} \\
 P_D &= 2.844 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk penumpu, gading besar}
 \end{aligned}$$

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]**

$$\begin{aligned}
 C_D &= 1 \\
 P_D &= (6.629 \times 20 \times 1.9 \times 1) / [(10 + 4.500 - 1.9) \times 4.500] \\
 &= 4.309 \quad \text{kN/m}^2 \quad \text{untuk pelat, geladak cuaca}
 \end{aligned}$$

$P_D = 3.232 \text{ kN/m}^2$  untuk penegar, gading biasa  
 $P_D = 2.585 \text{ kN/m}^2$  untuk penumpu, gading besar

daerah  $0.7 \leq x/L \leq 1$  [F]

$$C_D = 1.250$$

$$P_D = (6.629 \times 20 \times 1.9 \times 1.250) / [(10 + 4.500 - 1.9) \times 4.500]$$

$$= 5.386 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk pelat, geladak cuaca}$$

$$P_D = 4.040 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk penegar, gading biasa}$$

$$P_D = 3.232 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk penumpu, gading besar}$$

Rekapitulasi beban pada geladak cuaca

A	4.740	kN/m <sup>2</sup>
M	4.309	kN/m <sup>2</sup>
F	5.386	kN/m <sup>2</sup>

dambil nilai maksimal, maka

$$P_D = 5.386 \text{ kN/m}^2$$

## Perhitungan Tebal Pelat

### **Ukuran utama *public catamaran boat***

Lwl	=	57.9	m	L konstruksi	
Lpp	=	57.9	m	Lwl	= 57.9 m
B	=	16.8	m	0.96 Lwl	= 55.61 m
T	=	1.85	m	0.97 Lwl	= 56.19 m
H	=	4.5	m	Yang diambil :	
C <sub>B</sub>	=	0.42		L konstruksi =	56.19 m

### Jarak Gading (a)

Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.

$$\begin{aligned} Lkons &= 56.19 \text{ m} \\ a_0 &= L/500 + 0.48 \text{ m} && (\text{Ref: BKI 98}) \\ &= (56.19 / 500) + 0.48 \\ &= 0.59 \text{ m} \\ \text{diambil : } &a = 0.60 \text{ m} && \text{aft} \\ &a = 0.60 \text{ m} && \text{m} \\ &a = 0.6 \text{ m} && \text{f} && 0.672 \text{ BKT} \end{aligned}$$

### Tebal Pelat Minimum

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01 \cdot L) \cdot (L \cdot k)^{1/2}; \text{ untuk } L < 50 \text{ mm}$$

$$= (1,5 - 0,01 \times 56,19) \times (56,19 \times 1)^{1/2}$$

$$= 7,032 \quad \text{mm} \qquad \gg \qquad 8 \quad \text{mm}$$

$$t_{\max} = \qquad \qquad \qquad \qquad \qquad 16 \quad \text{mm}$$

#### Tebal Pelat Alas

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{BL} = 1.9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_k; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L di belakang AP dan 0.05 L di depan FP minimal :

$t_{B2} = 1,21 \cdot a \cdot (P_B \cdot k)^{1/2} + t_K$

dimana :

$k = \text{Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2}$	
$k = 1$	
$nf = 1$	Untuk Konstruksi melintang
$nf = 0,83$	Untuk Konstruksi memanjang
$a = \text{jarak gading}$	
$a = 0,60$	m aft
$a = 0,60$	m m
$a = 0,60$	m f
$t_K = 1,5$	untuk $t' < 10 \text{ mm}$
$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5$	untuk $t' > 10 \text{ mm} (\max 3 \text{ mm})$

$$0 \leq x/L < 0.2 \text{ [A]}$$

$$P_B = 33.040 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{B1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(33.040 \times 1) + t_K$$

$$= 6.553 + t_K$$

$$\begin{aligned}
&= 6.553 + 1.5 \\
&= 8.053 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 9 \quad \text{mm} \\
t_{B2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(33.040 \times 1) + t_K \\
&= 4.173 + t_K \\
&= 4.173 + 1.5 \\
&= 5.673 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 6 \quad \text{mm} \\
\text{jadi, } t &\text{ pada daerah } 0 \leq x/L < 0.2 [\text{A}] \\
t &= 9 \quad \text{mm}
\end{aligned}$$

0.2 < x/L < 0.7 [M]

$$\begin{aligned}
P_B &= 29.444 \quad \text{kN/m}^2 \\
t_{B1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(33.040 \times 1) + t_K \\
&= 6.186 + t_K \\
&= 6.186 + 1.5 \\
&= 7.686 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 8 \quad \text{mm} \\
\text{jadi, } t &\text{ pada daerah } 0.2 \leq x/L < 0.7 [\text{M}] \\
t &= 8 \quad \text{mm}
\end{aligned}$$

0.7 < x/L < 1 [F]

$$\begin{aligned}
P_B &= 41.197 \quad \text{kN/m}^2 \\
t_{B1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(41.197 \times 1) + t_K \\
&= 7.317 + t_K \\
&= 7.317 + 1.5 \\
&= 8.817 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 9 \quad \text{mm} \\
t_{B2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(41.197 \times 1) + t_K \\
&= 4.660 + t_K \\
&= 4.660 + 1.5 \\
&= 6.160 \quad \text{mm} \quad \gg \quad 6 \quad \text{mm} \\
\text{jadi, } t &\text{ pada daerah } 0.7 \leq x/L [F] \\
t &= 9 \quad \text{mm}
\end{aligned}$$

Rekapitulasi tebal pelat alas :

A	9	mm
M	8	mm
F	9	mm

dambil nilai  $t$  yang paling besar, mal  
 $t$  alas = 9 mm

Tebal Pelat Sisi

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{S1} = 1.9 \cdot n_f \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{1/2} + t_K; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

untuk 0.1 L dibelakang AP dan 0.05 L didepan FP minimal :

$$t_{S2} = 1.21 \cdot a \cdot (P_s \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

$k$  = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$k = 1$

$n_f = 1$  Untuk Konstruksi melintang

$n_f = 0.83$  Untuk Konstruksi memanjang

$a$  = jarak gading

$$\begin{aligned}
a &= 0.60 & m & \text{atf} \\
a &= 0.60 & m & m \\
a &= 0.60 & m & f \\
t_K &= 1.5 & & \text{untuk } t' < 10 \text{ mm} \\
t_K &= (0.1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0.5 & & \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}
\end{aligned}$$

**daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]**

$$\begin{aligned}
P_{S1} &= 29.382 \text{ kN/m}^2 && \text{di bawah garis air} \\
t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(29.382 \times 1) + t_K \\
&= 6.179 + t_K \\
&= 6.179 + 1.5 \\
&= 7.679 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 8 \text{ mm} \\
t_{S2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(29.382 \times 1) + t_K \\
&= 3.935 + t_K \\
&= 3.935 + 1.5 \\
&= 5.435 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 6 \text{ mm} \\
P_{S2} &= 25.170 && \text{di atas garis air} \\
t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(25.170 \times 1) \\
&= 5.719 + t_K \\
&= 5.719 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 8 \text{ mm} \\
t_{S2} &= 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(25.170 \times 1) + t_K \\
&= 3.642 + t_K \\
&= 3.642 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 6 \text{ mm}
\end{aligned}$$

jadi, t pada daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]

$$t = 8 \text{ mm}$$

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]**

$$\begin{aligned}
P_{S1} &= 21.921 \text{ kN/m}^2 && \text{di bawah garis air} \\
t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(21.921 \times 1) + t_K \\
&= 5.337 + t_K \\
&= 5.337 + 1.5 \\
&= 6.837 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 7 \text{ mm} \\
P_{S2} &= 12.753 \text{ kN/m}^2 && \text{di atas garis air} \\
t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(12.753 \times 1) + t_K \\
&= 4.071 + t_K \\
&= 4.071 + 1.5 \\
&= 5.571 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 6 \text{ mm} \\
P_{S3} &= 10.912 \text{ kN/m}^2 && \text{di atas garis air} \\
t_{S1} &= 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(10.912 \times 1) + t_K \\
&= 4.071 + t_K \\
&= 4.071 + 1.5 \\
&= 5.571 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 6 \text{ mm}
\end{aligned}$$

jadi, t pada daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]

$$t = 7 \text{ mm}$$

**daerah  $0.7 \leq x/L$  [F]**

$$P_{S1} = 27.476 \text{ kN/m}^2 \quad \underline{\text{di bawah garis air}}$$

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(27.476 \times 1) + t_K$$

$$= 5.976 + t_K$$

$$= 5.976 + 1.5$$

$$= 7.476 \text{ mm} \quad \gg \quad 8 \text{ mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(27.476 \times 1) + t_K$$

$$= 3.805 + t_K$$

$$= 3.805 + 1.5$$

$$= 5.305 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}$$

$$P_{S2} = 23.311 \text{ kN/m}^2 \quad \underline{\text{di atas garis air}}$$

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 0.60 \times \text{SQRT}(23.311 \times 1) + t_K$$

$$= 5.504 + t_K$$

$$= 5.504 + 1.5$$

$$= 7.004 \text{ mm} \quad \gg \quad 7 \text{ mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 0.60 \times \text{SQRT}(23.311 \times 1) + t_K$$

$$= 3.505 + t_K$$

$$= 4.660 + 1.5$$

$$= 5.005 \text{ mm} \quad \gg \quad 5 \text{ mm}$$

jadi,  $t$  pada daerah  $0.7 \leq x/L[F]$

$$t = 8 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat sisi :

A	8	mm
M	7	mm
F	8	mm

diambil nilai  $t$  yang paling besar, ma

$$t \text{ sisi} = 8 \text{ mm}$$

#### Tebal Pelat Geladak

Tebal pelat geladak ditentukan dari nilai terbesar dari formula berikut:

$$t_D = 1.21 \cdot a \cdot (P_D \cdot k)^{1/2} + t_K$$

dimana :

$k$  = Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2

$k = 1$

$a$  = jarak gading

$$a = 0.60 \text{ m aft}$$

$$a = 0.60 \text{ m m}$$

$$a = 0.60 \text{ m f}$$

$$t_K = 1.5 \quad \text{untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0.1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0.5 \quad \text{untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

$$L = 56.18628 \text{ m}$$

daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]

$$P_D = 33.040 \text{ kN/m}^2$$

$$t_{D1} = 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(33.040 \times 1) + t_K$$

$$= 4.173 + t_K$$

$$= 4.173 + 1.5$$

$$= 5.673 \text{ mm} \quad \gg \quad 6 \text{ mm}$$

jadi,  $t$  pada daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A]

$$t = 6 \text{ mm}$$

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]**

$$\begin{aligned} P_D &= 29.444 \text{ kN/m}^2 \\ tD_1 &= 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(29.444 \times 1) + t_K \\ &= 3.939 + t_K \\ &= 3.939 + 1.5 \\ &= 5.439 \quad \Rightarrow \quad 6 \text{ mm} \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M]

$$t = 6 \text{ mm}$$

**daerah  $0.7 \leq x/L$  [F]**

$$\begin{aligned} P_D &= 41.197 \text{ kN/m}^2 \\ tD_1 &= 1.21 \times 0.6 \times \text{SQRT}(41.197 \times 1) + t_K \\ &= 4.660 + t_K \\ &= 4.660 + 1.5 \\ &= 6.160 \text{ mm} \quad \Rightarrow \quad 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

jadi, t pada daerah  $0.7 \leq x/L$  [F]

$$t = 7 \text{ mm}$$

Rekapitulasi tebal pelat geladak :

A	6	mm
M	6	mm
F	7	mm

diambil nilai t yang ada dipasaran, m  
t geladak = 7 mm

Rekapitulasi tebal pelat keseluruhan :

	A	M	F	Diambil	Unit
Pelat alas	9	8	9	9	mm
Pelat sisi	8	7	8	8	mm
Pelat geladak	6	6	7	7	mm

untuk memudahkan dalam perhitungan berat baja lambung kapal, maka tebal pelat yang digunakan untuk pembangunan kapal *catamaran boat* ini adalah

Tebal pelat alas dan sisi = 9 mm

Tebal pelat geladak = 7 mm

Tebal pelat ruang navigasi diasumsikan sama dengan pelat geladak dan digunakan untuk menghitung perhitungan selanjutnya

## CREW LIST

Rumus HB =  $C_{st} \cdot \{C_{dk} \cdot ((LPP \cdot B \cdot H \cdot 35) / (10)^5)^{(1/6)} + C_{eng} \cdot ((BHP / (10)^3)^{(1/5)})\} + cadet$   
 FORD :

$Z_c$

$C_{st}$	=	1.2	; Coef. Steward (1.2 ~ 1.33)
$C_{dk}$	=	11.5	; Coef. Deck (11.5 ~ 14.5)
$C_{eng}$	=	8.5	; Coef. Engine (8.5 ~ 11 untuk diesel)
cadet	=	2	; Umumnya 2 orang

$$Z_c = 31.81257 \quad \text{Diambil} \quad 32$$

Susunan ABK yang direncanakan 32

No.	Nama	Jumlah
1	Kapten	1
2	Deck Departement	
	Mualim(I,II,III)	3
	Radio Officer	2
	Juru Mudi	2
	Crew Deck	4
	Engine	
3	Departement	
	Kepala KM	1
	Enginer (I,II,III)	3
	Electricant	2
	Juru Oli	2
	Filler (tukang bubut)	2
	Crew Mesin	6
4	Catering	
	Kepala Catering	1
	Pembantu koki	2
	Pelayan	1
5	Crew Oil Boom	2
	Crew Oil Skimmer	1
	Crew Oil Storage	1
	Crew JIB Crane	2

total Crew 38 dengan 6 kru tambahan

### Fuel Oil Consumption

BHP = 6865.63 kW

$bME = 185.8 \text{ g/kWh}$   
 $S = 553.142 \text{ nm}$   
 $V = 30 \text{ knots}$   
 $c = 1.5 \text{ (reserved correction (1.3-1.5))}$

$$W_{HFO} = BHPME \times bME \times (S/Vs) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{HFO} = 35.280 \text{ ton}$$

$W_{HFO} = 70.56071 \text{ ton}$  konsumsi fuel oil untuk 2 mesin

$$V_{HFO} = (W_{DO} / \rho) + 2\% ; \text{ Diktat IGM Santosa Penambahan 2\% untuk}$$

$V_{HFO} = 72.699 \text{ m}^3$  konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas  
dan  $\rho = 0.99$

## Diesel Oil Consumption

$$C_{DO} = 0.15 \quad \text{Diktat IGM Santosa hal 38, (0.1 ~ 0.2)}$$

$$W_{DO} = W_{FO} \cdot C_{DO}$$

$$W_{DO} = 5.292 \text{ ton}$$

$W_{DO} = 21.168 \text{ ton}$  konsumsi diesel oil untuk 4 genset

$$V_{DO} = (W_{DO} / \rho) + 2\% ; \text{ Diktat IGM Santosa Penambahan 2\% untuk}$$

$V_{DO} = 25.402 \text{ m}^3$  konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas  
dan  $\rho = 0.85$

## Lubricating Oil Consumption

### Main Engine

$BHP = 6865.633 \text{ kW}$   
 $bME = 0.5 \text{ g/kWh}$   
 $S = 553.142 \text{ nm}$   
 $V = 30 \text{ knots}$   
 $c = 1.5 \text{ (reserved correction (1.3-1.5))}$

$$W_{LO} = BHPME \times bME \times (S/Vs) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{LO} = 0.095 \text{ ton}$$

$W_{LO} = 0.190 \text{ ton}$  konsumsi lub oil untuk 2 mesin

$$V_{LO} = (W_{DO} / \rho) + 2\% ; \text{ Diktat IGM Santosa Penambahan 2\% untuk}$$

$V_{LO} = 0.215 \text{ m}^3$  konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas  
dan  $\rho = 0.9$

### Auxiliary Engine

$BHP = 835 \text{ kW}$   
 $bAE = 0.35 \text{ g/kWh}$   
 $S = 553.142 \text{ nm}$   
 $V = 30 \text{ knots}$   
 $c = 1.5 \text{ (reserved correction (1.3-1.5))}$

$$W_{LO} = BHPME \times bME \times (S/Vs) \times 10^{-6} \times c$$

$$W_{LO} = 0.008 \text{ ton}$$

$W_{LO} = 0.032 \text{ ton}$  konsumsi lub oil untuk 4 genset

$$V_{LO} = (W_{DO} / \rho) + 2\%$$

$$V_{LO} = 0.037 \text{ m}^3$$

; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk

konstruksi dan 2% untuk ekspansi panas

dan  $\rho = 0.9$

### Fresh Water

Kebutuhan air setiap orang diasumsikan sebanyak 15 liter / orang

15 Liter untuk 38 crew

570 Liter untuk 1 x keberangkatan

1140 liter untuk 1x operasi

Berat air tawar untuk pendingin mesin

$$W_{fw} = C_{fw2} \times BHP \quad \text{Ref: (Paper Tugas Akhir Andy Wibowo, halaman 51)}$$

Dimana ; = Koefisien pemakaian air tawar untuk mesin (2-5 kg / HP)  
kg /

$$C_{fw2} = 2.000 \text{ HP}$$

Sehingga

$$; = 25.217 \text{ ton}$$

$$W_{fw} = 50.435 \text{ ton} \quad >>> \quad 2 \text{ mesin}$$

Untuk cadangan air tawar, maka  $W_{fw}$  ditambah 10%

$$W_{fw} = 55.478 \text{ ton}$$

### Perhitungan Berat Kapal (DWT dan LWT)

Berat Kapal Bagian DWT			
No	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b>Payload Kapal</b>		
	Peralatan penanganan oil spill	221.70	ton
<b>2</b>	<b>Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan</b>		
	Jumlah crew	52	persons
	Berat Crew Kapal	75	kg/person
	Berat barang bawaan crew	3	kg/person
	Berat total crew	3900	kg
	Berat total barang bawaan crew	156	kg
	<b>Berat Total</b>	<b>4056</b>	<b>kg</b>
		<b>4.056</b>	<b>ton</b>
<b>3</b>	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	70.561	ton
<b>4</b>	Berat Bahan Bakar untuk Genset	21.168	ton
Total Berat Bagian DWT			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Payload Kapal	221.70	ton
2	Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan	4.056	ton
3	Berat untuk Fresh Water	55.478	ton
4	Berat Bahan Bakar untuk Genset	21.168	ton
5	Berat Bahan Bakar Untuk Engine	70.561	ton
6	Berat Lubricant Oil	0.222	ton
	<b>Total</b>	<b>373.185</b>	<b>ton</b>
Berat Kapal Bagian LWT			
No	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b>Berat Lambung (hull) Kapal</b>		
	Dari software Maxsurf Pro & Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal		
	Luas dha lambung	1426.84	m <sup>2</sup>
	Luas Transom Belakang	26.950	m <sup>2</sup>
	Total luasan lambung kapal	1453.786	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat lambung	8	mm
		0.008	m
	Volume shell plate = luas x tebal	11.630	m <sup>3</sup>
	<i>r</i> baja	7.85	gr/cm <sup>3</sup>
		7850	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Berat Total</b>	<b>91297.761</b>	<b>kg</b>
		<b>91.298</b>	<b>ton</b>
<b>2</b>	<b>Berat Geladak (deck) Kapal</b>		
	Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal		
	Total luasan geladak kapal	945.768	m <sup>2</sup>

	Tebal pelat geladak	7	mm
		0.007	m
	Volume shell plate = luas x tebal	6.620	$m^3$
		7.85	$gr/cm^3$
	r baja	7850	$kg/m^3$
		51969.952	kg
	Berat Total	51.970	ton
3	<b>Berat Bangunan Atas</b>		
	Total luasan Upper Deck	263.887	$m^2$
	Total luasan ruang navigasi	122.820	$m^2$
	Total luasan Bangunan Atas	386.707	$m^2$
	Tebal pelat	7	mm
		0.007	m
	Volume shell plate = luas x tebal	2.707	$m^3$
		7.85	$gr/cm^3$
	r baja	7850	$kg/m^3$
		21250	kg
	Berat Total	21.250	ton
4	<b>Berat Konstruksi Lambung Kapal</b>		
	<i>Berat konstruksi lambung kapal menurut pengalaman empiris 20% - 25% dari berat baja lambung kapal ( diambil 20% )</i>		
	Berat baja lambung + geladak kapal	143.268	ton
	20% dari berat baja kapal	28.654	ton
	Berat Konstruksi Total	28.654	ton
5	<b>Berat Tiang Penyangga</b>		
	<i>Tiang Penyangga dipasang di setiap jarak gading besar material tiang menggunakan pipa aluminium dengan tebal 3 mm</i>		
	Tinggi Tiang	1.000	m
	Jumlah Tiang	40.000	
	Diameter Pipa	0.050	m
	Tebal pipa	0.003	m
	Luas permukaan tiang	6.283	$m^2$
	Volume Tiang	0.019	
	r aluminium	2700.000	$kg/m^3$
		50.894	kg
	Berat Total	0.051	ton
6	<b>Equipment &amp; Outfitting</b>		
	Jangkar	1560	kg
	Peralatan Navigasi	300	kg
	Life Boat	3000	kg
	Crane	5000	kg
	Life Craft	580	kg
		10440	kg
	Berat Total	10.4	ton

7	<b>Berat Main Engine</b>		
<i>Diambil dari katalog Wärtsilä 32</i>			
	Jumlah Inboard motor	2	unit
	Berat Inboard motor	113800	kg
	Berat Total	113800	kg
		113.800	ton
<b>Total Berat Bagian LWT</b>			
No	Komponen Berat Kapal Bagian LWT	Value	Unit
1	Berat Lambung (hull) Kapal	91.298	ton
2	Berat Geladak Kapal	51.970	ton
3	Berat Bangunan atas dan Navigasi	21.250	ton
4	Berat Konstruksi Lambung Kapal	28.654	ton
5	Berat Tiang Penyangga	0.051	ton
6	Equipment & Outfitting	10.440	ton
7	Berat Main Engine	113.800	ton
	Total	317.462	ton
<b>Total Berat Kapal (DWT + LWT)</b>			
No	Komponen Berat Kapal	Value	Unit
1	Berat Kapal Bagian DWT	373.185	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	317.462	ton
	Total	690.647	ton
<b>Koreksi Displasmen</b>			
WT + DW	Displasmen	Hasil Koreksi (%)	Status
690.647	707.500	2.382	OK

## **Titik Berat kapal**

Lwl	=	57.924	m
Lpp	=	57.924	m
B	=	16.8	m
B1	=	5.00	m
H	=	4.5	m
T	=	1.85	m
S	=	11.8	m
$\Delta$	=	707.5	ton
LCB	=	-0.878	m      dari Midship
$C_B$	=	0.419	

### Titik Berat Hull

Ref: *Parametric ship design chapter 11, Watson dan Gilfilan hal 11-22*

Berat 1 lambung	=	45649	kg
LCG <sub>1</sub> lambung	=	- 0.25 + LCB	
	=	-1.128	m      dari Midship
VCG <sub>1</sub> lambung	=	0.01D (46.6 + 0.135(0.81 - C <sub>B</sub> ). (L/D) <sup>2</sup> ) + 0.008D(L/B- 6.5)	
	=	2.498801	m      dari baseline
LCG <sub>hull</sub>	=	<u><math>2x(-1.385x1383.127)+(0x1699.197)</math></u> <u><math>(2x1383.127)+1699.197</math></u>	
	=	-1.12801	m      dari Midship
VCG <sub>hull</sub>	=	<u><math>2x(0.96957x1383.127)+(1.3x1699.197)</math></u> <u><math>(2x1383.127)+1699.197</math></u>	
	=	2.498733	m      dari baseline

LWT								
HULL			DECK			CONSTRUCTION		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
91297.761	-1.128	2.499	51969.952	1.116	4.500	28653.542	-1.128	2.499

Bangunan Atas			Equipment			2 Motor		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
21249.55515	9.33	4.50	10440	0.00	4.50	113800	-9.86	1.40

DWT					
Crew		Fresh Water			
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
4056	10.440	4.500	55478	- 2.761	1.400

Marine Fuel Oil			Lub. Oil			Diesel Oil		
Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]	Berat [kg]	LCG [m]	VCG [m]
70561	-1.049	1.400	190	- 5.021	1.400	21168	11.427	1.400

TOTAL LWT			TOTAL DWT		
Berat	LCG	VCG	Berat	LCG	VCG
317410.81	- 1.154	2.234	151453	0.370	1.483

BERAT TOTAL			DISPLACEMENT			SELISIH		CHECK DISPLACEMENT
[kg]	LCG [m]	VCG [m]	[kg]	LCB [m]	VCB [m]	[kg]	%	
690647.10	-0.449	1.352	707500.0	- 0.878	1.151166	16853	2%	OK

## Perhitungan Lambung Timbul

Kapal penyeberangan katamaran merupakan kapal dengan panjang lebih dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul menggunakan ketentuan *Internasional Convention on Load Lines (ICLL) 1966*.

### Input Data

H	=	4.50	m	V	=	690.24	$m^3$
d	=	0.85 · H		$B_1$	=	5.00	m
	=	3.825	m	$C_B$	=	0.419	
L	=	Lwl					
	=	57.924	m				
L	=	57.924	m				

### 1. Tipe Kapal

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

Kapal Tipe A adalah :

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

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal penyeberangan katamaran termasuk kapal **Tipe B**

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

$F_{b1}$	=	573	mm	Untuk kapal dengan $L = 60$ m
$F_{b1}$	=	57.3	cm	
	=	0.573	m	

Untuk kapal Tipe B dengan panjang dibawah 108 meter, tinggi freeboard ditambah 50 mm

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

$$F_{b2} = 623 \text{ mm}$$

$$= 0.623 \text{ m}$$

#### Koreksi

##### 1. Koefisien Block

Koreksi  $C_B$  hanya untuk kapal dengan  $C_B > 0.68$

$$C_B = 0.4190 \quad \text{Tidak ada koreksi}$$

##### 2. Depth (D)

$$\frac{L}{15} = 3.8616$$

$$D = 4.50 \text{ m}$$

jika,  $D < L/15$ ; tidak ada koreksi

jika,  $D > L/15$ ; lambung timbul standar ditambah dengan  $(D - (L/15))R$  cm

dimana  $R = (L/0.48)$

$$D > \frac{L}{15} \text{ maka, } R = 120.675$$

$$\text{Koreksi} = (3.8 - (L/15)) \times R \text{ mm}$$

$$= 77.039 \text{ mm} = 0.07704 \text{ m}$$

$$F_{b3} = 0.6500 \text{ m}$$

##### 3. Koreksi lambung timbul untuk kapal dibawah 100 meter

(IICLL Chapter 3, Reg. 29, Correction to the Freeboard for Ships under 100 metres (328 feet) in length)

$$\text{Koreksi} = 7.5(100-L)(0.35-(E/L)) \text{ millimetres}$$

$$= -42.09 \text{ mm}$$

$E$  = panjang efektif bangunan atas

$$= -0.42 \text{ m}$$

Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas

$$= -0.421 \text{ m}$$

#### Total Lambung Timbul

$$F_b' = F_{b3} - \text{Koreksi lambung timbul kapal dibawah 100 m}$$

$$= 1.071 \text{ m}$$

#### Batasan

Lambung Timbul Sebenarnya

$$\begin{aligned} F_b &= H - T \\ &= 2.65 \text{ m} \end{aligned}$$

Lembung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lembung Timbul Disyaratkan

**Kondisi = Diterima**

Lembung Timbul	Nilai	Satuan
Lembung Timbul yang Syaratkan	1.071	m
Lembung Timbul Sebenarnya	2.65	m
<b>Kondisi</b>	<b>Diterima</b>	



## Perhitungan Trim

### Ukuran Utama

LWL	=	57.92	m
T	=	1.85	m
H	=	4.50	m
B	=	16.80	m
B1	=	5.00	m
V	=	707.50	m <sup>3</sup>
C <sub>B</sub>	=	0.419	
C <sub>M</sub>	=	0.544	
C <sub>P</sub>	=	0.778	
C <sub>WP</sub>	=	0.539	
KG	=	2.008	m
LCG	=	-1.349	m
LCB	=	-0.904	m

### **Batasan Trim**

Trim Maksimal menurut SOLAS *Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1*

$$\pm 0.5\% \cdot LWL = 0.290 \text{ m}$$

### **Perhitungan Trim Menurut *Maxsurf Stability Enterprise***

$$\text{Trim} = 0.251 \text{ m}$$

Kondisi Trim	= Trim Buritan
Kesimpulan	= <i>Accepted</i>

## STABILITAS

Untuk kapal katamaran, kriteria stabilitasnya menggunakan HSC Code 2000 Annex 7 Multihull dan IMO A.749 (18) Chapter 3

- 1 Luas (A) di bawah kurva lengan pengembali (kurva GZ) sampai sudut 30 derajat

(IMO A.749 (18) Chapter 3 dan HSC Code 2000 Annex 7)

A minimal	=	3.151	m.deg
A sebenarnya	=	<b>61.4611</b>	m.deg
Kondisi	=	accepted	

- 2 Luas di bawah kurva GZ sampai sudut  $40^\circ$  atau sudut downflooding  $\theta_f$

(IMO A.749 (18) Chapter 3)

A <sub>0-40 min</sub>	=	<b><math>\geq 5.1566</math></b>	m.deg
A <sub>0-40</sub>	=	164.859	m.deg
Kondisi	=	accepted	

- 3 Luas di bawah kurva antara  $\theta = 30^\circ$  dan  $\theta = 40^\circ$  atau antara  $\theta = 30^\circ$  dan sudut downflooding  $\theta_f$ , jika sudut ini kurang dari  $40^\circ$ ,

(IMO A.749 (18) Chapter 3)

A <sub>30-40 min</sub>	=	<b><math>\geq 1.7189</math></b>	m.deg
A <sub>30-40</sub>	=	47.626	m.deg
Kondisi	=	accepted	

- 4 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;

(IMO A.749 (18) Chapter 3)

Gz $30^\circ$ min	=	<b><math>\geq 0.2</math></b>	meter
Gz $30^\circ$	=	4.957	meter
Kondisi	=	accepted	

- 5 GZ maksimal harus terjadi pada sudut minimal 10 derajat

(IMO A.749 (18) Chapter 3 >>> HSC CODE 2000 Annex 7)

Untuk kapal lambung ganda yang memiliki lebar kapal yang besar dan sarat rendah, pada tahun 2007 IMO merevisi Intact Stability Code yang mensyaratkan sudut GZ maksimum sebesar setidaknya **25 derajat**, dan memberikan solusi dengan mengacu pada aturan HSC Code 2000 Annex 7 dengan sudut GZ maksimum setidaknya **10 derajat**. Revisi tersebut dilakukan karena ada beberapa laporan kapal high speed catamarans mengalami kesulitan untuk memenuhi kriteria stabilitas tersebut.

$\theta_{Gz\max}$ min	=	$10^\circ$	deg
$\theta_{Gz\max}$	=	$19^\circ$	deg
Kondisi	=	accepted	

- 6 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0,15 meter.

(IMO A.749 (18) Chapter 3)

GM min	=	0.150	meter
GM	=	21.166	meter
Kondisi	=	accepted	

Hasil Perhitungan Stabilitas							
Data	LC 1	LC 2	LC 3	LC 4	LC 5	Kriteria IMO	Kondisi
3.1.2.1: Area 0 to 30 (m.deg)	61.4611	49.5951	51.3306	53.3396	40.8702	$\geq 3.1513$	Accepted
3.1.2.1: Area 0 to 40 (m.deg)	164.859	162.622	155.922	148.389	176.072	$\geq 5.1566$	Accepted
3.1.2.1: Area 30 to 40 (m.deg)	47.6261	43.0804	42.1987	39.5954	44.9465	$\geq 1.7189$	Accepted
3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater (m)	4.957	4.525	4.459	4.232	4.681	$\geq 0.2$	Accepted
3.1.2.3: Angle of maximum GZ (deg)	19.1	15.5	16.8	17.7	11.8	$\geq 10$	Accepted
3.1.2.4: Initial GMt (m)	21.166	27.121	23.098	23.975	39.692	$\geq 0.15$	Accepted

<b>Building Cost</b>			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Lambung Kapal (hull)</b> <i>(tebal pelat Sisi= 8 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533.98	USD/ton
	<i>(tebal pelat Alas= 9 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533.98	USD/ton
	Berat hull	91.30	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	48751.45	USD
2	<b>Geladak Kapal (deck)</b> <i>(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533.98	USD/ton
	Berat geladak	51.97	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	27751.07	USD
3	<b>Konstruksi Lambung</b>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	533.98	USD/ton
	Berat konstruksi	28.654	ton
	Harga Konsruksi Lambung	15300.5	USD
4	<b>Ruang Bangunan Atas</b>		
	<i>(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	Harga	533.98	USD/ton
	Berat Ruang Navigasi	21.250	ton
	Harga Ruang Navigasi	11346.9	USD
5	<b>Elektroda</b> <i>(diasumsikan 6% dari berat baja kapal)</i>		
	<i>Sumber: Nekko Steel - Aneka Maju.com</i>		
	Harga	500	USD/ton
	Berat baja kapal total (hull, deck,	11.590	ton
	Harga Elektroda	5795	USD
6	<b>Atap Kapal</b> <i>(tebal pelat geladak = 6 mm, jenis material = baja)</i>		
	<i>Sumber: (<a href="http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20">http://www.tokobesibaja.com/product/plat-kapal-6-x-20</a>)</i>		
	Harga	534.0	USD/m <sup>2</sup>
	Luas atap kapal	122.82	m <sup>2</sup>

Baja Kapal & Elektroda

	<b>total</b>	65,584	USD
	<b>Total Harga Baja Kapal</b>	<b>174529</b>	USD

No	Item	Value	Unit
1	<b>Railing dan Tiang Penyangga</b> <i>(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)</i> Sumber: www.metaldepot.com		
	Harga	35.00	USD/m
	Panjang railing dan tiang penya	28.00	m
	Harga Railing dan Tiang Penyangga	980	USD
2	<b>Jangkar</b>		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit	1,000	USD
	Harga jangkar	2,000	USD
	<b>Peralatan Navigasi &amp; Komunikasi</b>		
	<b>a. Peralatan Navigasi</b>		
	<b>Radar</b>	2,600	USD
	<b>Kompas</b>	60	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</b>	17,500	USD
	<b>Automatic Identification System</b>	4,500	USD
	<b>Telescope Binocular</b>	60	USD
	Harga Peralatan Navigasi	<b>25,613</b>	USD
	<b>b. Peralatan Komunikasi</b>		
	<b>Radiotelephone</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	172	USD
	Harga total	<b>172</b>	USD
	<b>Digital Selective Calling (DSC)</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	186	USD
	Harga total	<b>186</b>	USD
	<b>Navigational Telex (Navtex)</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	12,500	USD
	Harga total	<b>12,500</b>	USD
	<b>EPIRB</b>		
	Jumlah	1	Set

Equipment & Outfitting

	Harga per set	110	USD
	Harga total	<b>110</b>	USD
	<b>SART</b>		
	Jumlah	2	Set
	Harga per set	450	USD
	Harga total	<b>900</b>	USD
	<b>SSAS</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	19,500	USD
	Harga total	<b>19,500</b>	USD
	<b>Portable 2-way VHF Radiotelephone</b>		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	87	USD
	Harga total	<b>174</b>	USD
	Harga Peralatan Komunikasi	<b>33,542</b>	USD
<b>3</b>	<b>Peralatan Keselamatan Penumpang</b>		
	<b>Life Boat</b>		
	Jumlah	<b>2</b>	Unit
	Harga per unit	2,400	USD
	Harga Total	<b>4,800</b>	USD
	<b>Life Raft</b>		
	Jumlah	<b>4</b>	Unit
	Harga per unit	<b>1,475</b>	USD
	Harga Total	<b>5,900</b>	USD
	<b>Life Jacket</b>		
	Jumlah	<b>52</b>	Unit
	Harga per unit	<b>16</b>	USD
	Harga Total	<b>832</b>	USD
	Harga Total Peralatan Keselamatan	<b>11,532</b>	USD

c	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b>Inboard Motor</b> <i>(dua unit Inboard motor Wartsila 32)</i>		
	Jumlah inboard motor	2	unit
	Harga per unit	1445153	USD/unit
	Shipping Cost	1,000	USD
	Harga Inboard Motor	2891306	USD
<b>2</b>	<b>Komponen Kelistrikan</b> <i>saklar, kabel, dll</i>		
	Diasumsikan sebesar	3,000	USD
	Harga Komponen Kelistrikan	3,000	USD
<b>3</b>	<b>Genset</b> <i>(4 unit Genset merk MAN B&amp;W)</i>		
	Jumlah Genset	4	unit
	Harga per unit	100000	USD/unit

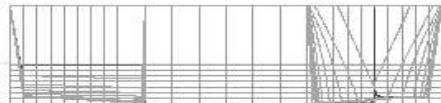
Tenaga Penggerak

	Shipping Cost	1,000	USD
	Harga Genset	401000	USD
	<b>Total Harga tenaga penggerak</b>	<b>3295306</b>	<b>USD</b>

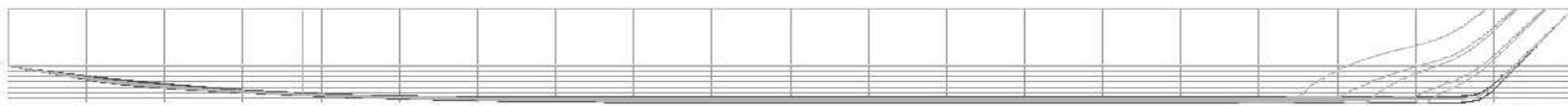
Biaya Pembangunan			
No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Elektroda	174529	USD
2	Equipment & Outfitting	73667	USD
3	Tenaga Penggerak	3295306	USD
	<b>Total Harga (USD)</b>	<b>3543501</b>	<b>USD</b>
	<b>Kurs Rp - USD (per 29 Juni 2020, BI)</b>	<b>14297</b>	<b>Rp/USD</b>
	<b>Total Harga (Rupiah)</b>	<b>50,661,440,874.16</b>	<b>Rp</b>

**LAMPIRAN C**  
***LINES PLAN***

### BODY PLAN



### SHEER PLAN



### HALF BREADTH PLAN



MAIN DIMENSION	
SHIP TYPE	MCP SHIP
LENGTH OVERALL	80.00 m
LENGTH OF HULL	78.00 m
LENGTH OF EXTERIOR HULL	70.00 m
MOLDING BREADTH	16.00 m
MOLDING DEPTH	4.00 m
MOLDING DRAUGHT	1.00 m
BRIDGE	11.00 m
CENTERAL BREADTH	11.00 m
CIRCLACRAFT	700.0 km
BLOCK COEFFICIENT	0.412
CHURNED SERVICE SPEED	30 KNOTS
NUMBER OF CARGO	52 PERSONS



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

CATAMARAN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP

### LINES PLAN

Scale	1 : 100	SIGNATURE	DATE	REMARK(S)
Drawn by	Pearl Pramita Putri			
Checked by				

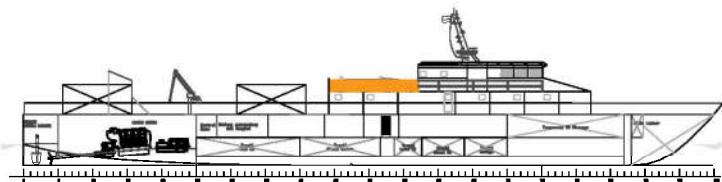
Approved by



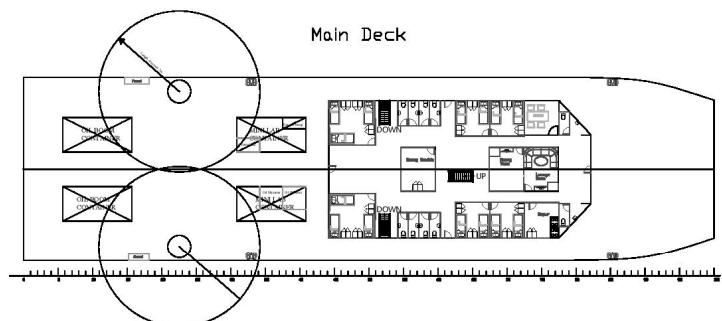


**LAMPIRAN D**  
***GENERAL ARRANGEMENT***

**Profile View**



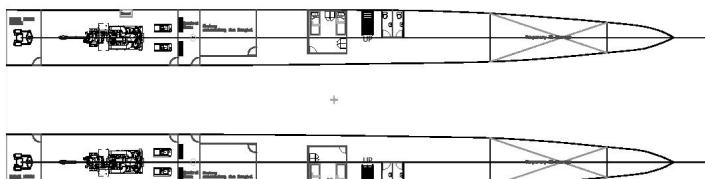
**Main Deck**



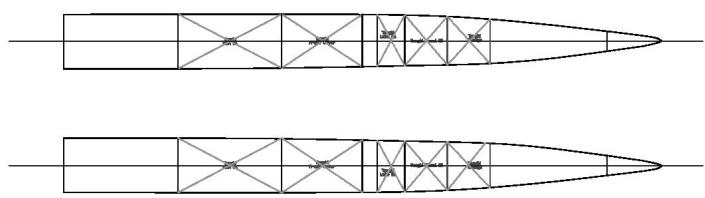
**Navigation Deck**



**Second Deck**

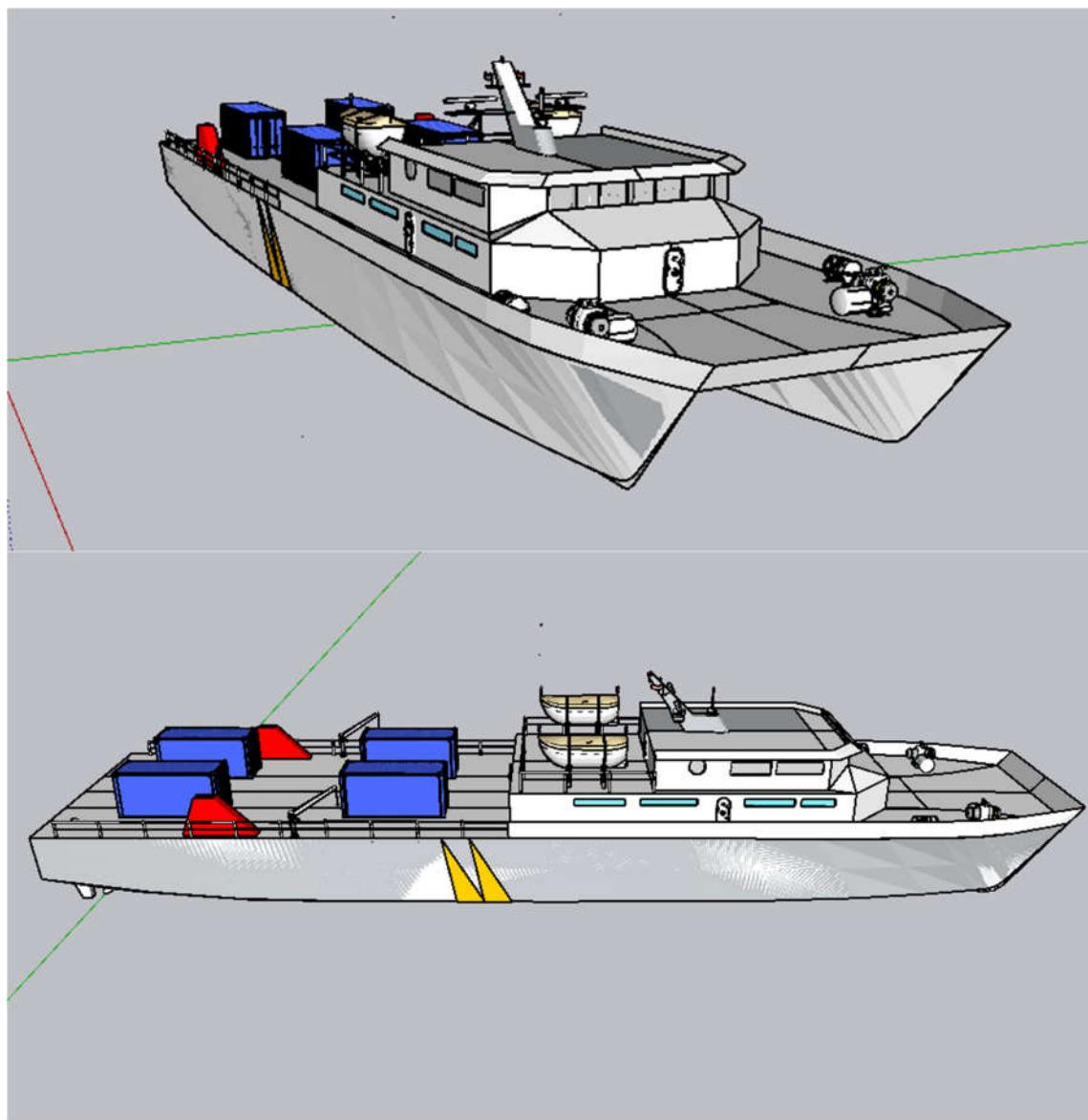


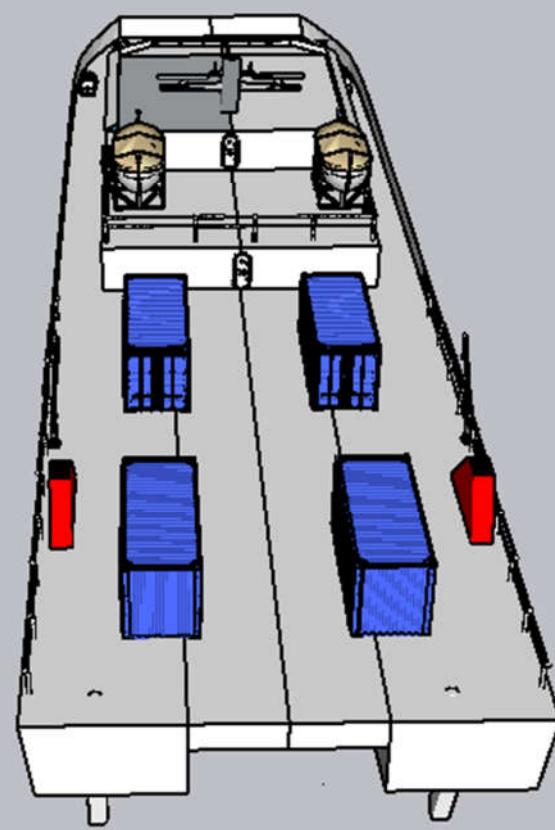
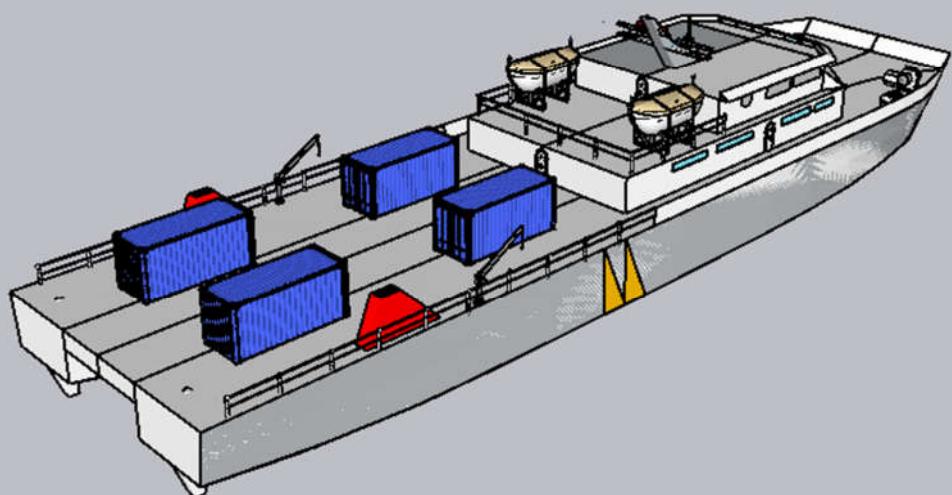
**Tank Top View**

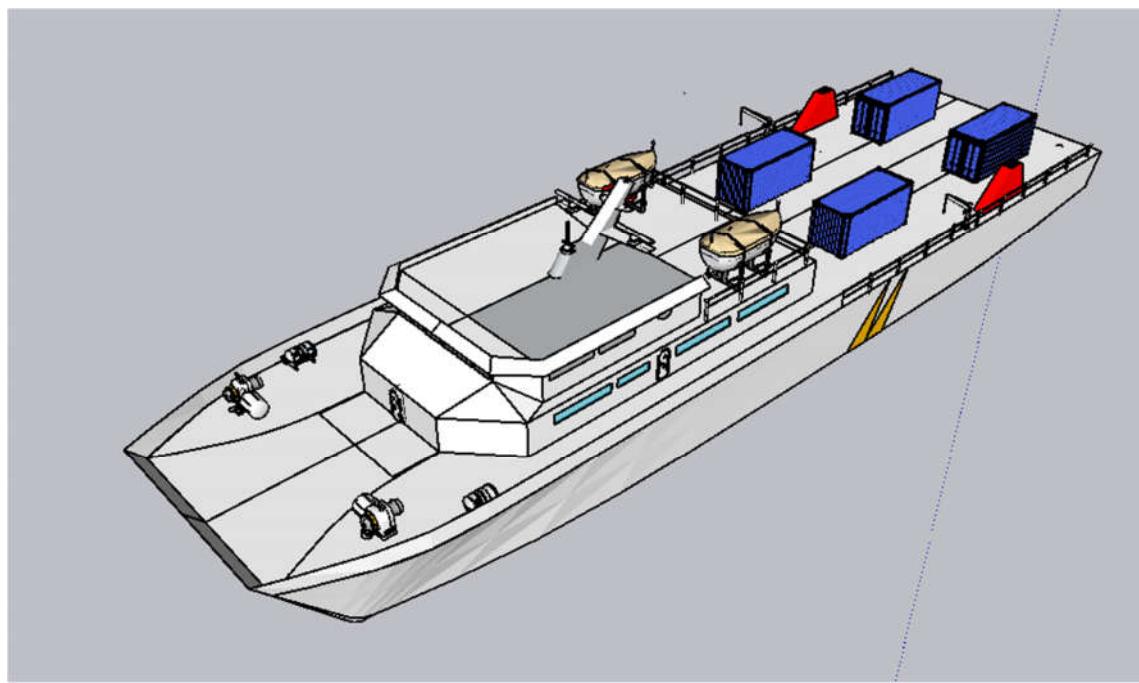


SHIP DIMENSION		DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE, COLLEGE OF MARINE ENGINEERING, GALVAN INSTITUTE OF TECHNOLOGY	
NAME		CATAWAMARIN MARINE DISASTER PREVENTION SHIP	
TYPE		GENERAL ARRANGEMENT	
DISPLACEMENT		Length : 117.0 Width : 14.0 Depth : 4.0 Draft : 2.0	
DIMENSIONS		Breadth : 14.0 Depth : 4.0 Draft : 2.0	
POWER		Number of Propellers : 2 Number of Engines : 2 Number of Generators : 2	
SPEED		Number of Propellers : 2 Number of Engines : 2 Number of Generators : 2	

**LAMPIRAN E**  
**3D *MODEL***









## BIODATA PENULIS



Fauzi Pramana Putra, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jember pada 18 Juli 1996 silam, penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh Pendidikan formal tingkat dasar pada TK AB 3, kemudian melanjutkan ke SD Tanjungsari Surabaya, SMPM 6 Wuluhan dan SMA Negeri Ambulu. Stelah lulus SMA, penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya pada tahun 2015 melalui jalur seleksi bersama masuk perguruan tinggi negeri (SBMPTN).

Di Departemen Teknik Perkapalan, penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan-Perancangan Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah, penulis aktif dalam kegiatan keorganisasian. Pernah mengikuti UKM Catur ITS serta menjadi Bendahara Divisi Konsumsi NASDARC 10. Penulis juga pernah menjadi juara 2 dalam perlombaan FTK Champ yang diadakan oleh Fakultas Teknik Kelautan ITS, dan beberapa perlomba lainnya.

E-mail : [fauzipramanaputra1@gmail.com](mailto:fauzipramanaputra1@gmail.com)

Mobile Number : +62 852 3079 0675