



**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL PEMADAM KEBAKARAN AMPHIBI UNTUK  
PENANGGULANGAN BENCANA KEBAKARAN HUTAN DI  
PROVINSI RIAU**

**Nyoman Satria Kumala  
NRP 0411114000062**

**Dosen Pembimbing  
Hasanudin, S.T., M.T.**

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





**TUGAS AKHIR - MN 184802**

**DESAIN KAPAL PEMADAM KEBAKARAN AMPHIBI UNTUK  
PENANGGULANGAN BENCANA KEBAKARAN HUTAN DI  
PROVINSI RIAU**

**Nyoman Satria Kumala  
NRP 0411114000062**

**Dosen Pembimbing  
Hasanudin, S.T., M.T.**

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



**FINAL PROJECT - MN 184802**

**DESIGN OF AMPHIBIOUS FIRE FIGHTER VESSEL TO  
PREVENT FOREST FIRES IN RIAU PROVINCE**

**Nyoman Satria Kumala  
NRP 0411114000062**

**Supervisor  
Hasanudin, S.T., M.T.**

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



# LEMBAR PENGESAHAN

## DESAIN KAPAL PEMADAM KEBAKARAN AMPHIBI UNTUK PENANGGULANGAN BENCANA KEBAKARAN HUTAN DI PROVINSI RIAU

### 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:

**NYOMAN SATRIA KUMALA**  
NRP 0411114000062

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing



Hasanudin, S.T., M.T.  
NIP 19800623 200604 1 001

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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



## LEMBAR REVISI

# DESAIN KAPAL PEMADAM KEBAKARAN AMPHIBI UNTUK PENANGGULANGAN BENCANA KEBAKARAN HUTAN DI PROVINSI RIAU

### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 03 Juli 2019

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

Oleh:

**NYOMAN SATRIA KUMALA**  
NRP 04111140000062

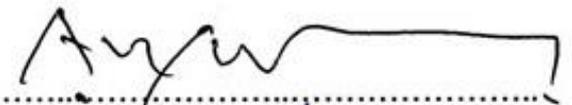
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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



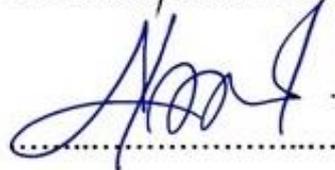
.....

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



.....

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



.....

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Hasanudin, S.T., M.T.



.....

SURABAYA, 17 Juli 2019

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

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

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

1. Hasanudin, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingannya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
2. Sri Rejeki, S.T., M.T. selaku Kaprodi atas motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini
3. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan.
4. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc. selaku dosen yang membantu dalam mengajukan proposal Tugas Akhir.
5. Danu Utama, S.T., M.T. selaku dosen yang membantu dalam mengajukan proposal Tugas Akhir.
6. *Lloyd's Register of Shipping* yang telah memberikan perangkat lunak *Rulefinder 9.13* untuk mempermudah pencarian dan pemakaian *Class rules* dan *statutory regulations*;
7. Alfi Hidayat, Yoseph Anggoro, serta Emma Peristina, yang memberikan ilmu tugas akhir mereka, yang memudahkan saya untuk pengerjaan Tugas Akhir;
8. Ibu, Bapak, dan Adik yang sangat penulis cintai dan sayangi, terimakasih atas bantuan dan motivasinya untuk kemajuan pengerjaan Tugas Akhir ini.
9. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan tugas akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu

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, 17 Juli 2019

Nyoman Satria Kumala

# DESAIN KAPAL PEMADAM KEBAKARAN AMPHIBI UNTUK PEANGGULANGAN BENCANA KEBAKARAN HUTAN DI PROVINSI RIAU

Nama Mahasiswa : Nyoman Satria Kumala  
NRP : 04111140000062  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Hasanudin, S.T., M.T.

## ABSTRAK

Provinsi Riau merupakan salah satu provinsi yang memiliki potensi kehutanan berupa tumbuhan dan satwa yang sangat besar. Sayangnya potensi tersebut terancam rusak oleh bencana kebakaran hutan yang terjadi setiap tahunnya. Kini Provinsi Riau adalah salah satu provinsi dengan intensitas kebakaran hutan tertinggi di Indonesia. Bencana kebakaran hutan yang terjadi berulang setiap tahun berpotensi mengganggu kualitas hidup masyarakat dan perekonomian Provinsi Riau. Untuk membantu penanggulangan bencana kebakaran hutan di Provinsi Riau di wilayah-wilayah yang sulit dijangkau dari daratan dan dekat dengan perairan sungai dan laut. Kapal pemadam kebakaran amfibi bisa menjadi pilihan untuk penanggulangan kebakaran hutan di wilayah-wilayah dekat sungai dan laut. Oleh karena itu, dalam tugas akhir ini dibahas mengenai mencari ukuran utama desain kapal pemadam kebakaran *amfibi* sebagai salah satu sarana untuk penanggulangan kebakaran hutan di Provinsi Riau. Dengan menggunakan data luas kebakaran hutan, data jumlah kemunculan titik api, dan wawancara ke instansi terkait, nantinya digunakan untuk menentukan jumlah *payload*. Setelah didapatkan jumlah *payload* kemudian dicari nilai *deadweight* dan penentuan ukuran utama kapal pemadam kebakaran amfibi. Kemudian dengan ukuran utama tersebut dilakukan perhitungan teknis untuk mendesain Rencana Garis, Rencana Umum, dan biaya pembangunan dari kapal pemadam kebakaran amfibi. Desain kapal pemadam kebakaran amfibi ini diharapkan dapat meningkatkan upaya pemerintah daerah dalam penanggulangan bencana kebakaran hutan di Provinsi Riau. Desain Kapal *pemadam kebakaran amfibi* dengan luas tutupan area sebesar 1 hektar, *payload* 7 ton beserta 8 orang kru, didapatkan ukuran utama kapal Lpp : 10,48 m; B: 2,88 m; H: 2,77 m; T: 1,22 dengan biaya pembangunan sebesar Rp. 2.776.191.932,63.

Kata kunci: kebakaran hutan, desain kapal, kapal pemadam amfibi, Provinsi Riau, dan biaya pembangunan

# **DESIGN OF AMPHIBIOUS FIRE FIGHTER VESSEL TO PREVENT FOREST FIRES DISASTER IN RIAU PROVINCE**

Author : Nyoman Satria Kumala  
Student Number : 04111140000062  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Hasanudin, S.T.,M.T.

## **ABSTRACT**

Riau Province is one of some province in Indonesia which have large forest potential and one of it is nature resources which has many kind of animal and plant. Unfortunately those potential threatned by forest fires which happened every year, now Riau Province is one of some province in Indonesia which have high intensity of forest fires in Indonesia. To preventing forest fires in zone where none access by land transport but relatively near from river or sea. Amphibious fire fighter vessel can be an option to prevent forest fires. Therefore, in this final project, discuss about finding the right dimension of the amphibious fire fighter vessel as on of vessel to prevent forest fires in Riau Province. Using the data of the forest fires wide, data of fires rise number, and interview to related agency who prevent forest fires will be used to determine the payload of the ship. Having obtained the amount of payload will calculate the value of deadweight and determination main dimensions of amphibious fire fighter vessel. Then the main dimensions is carried out engineering calculations to design linesplan, general arrangement, and the building cost of the amphibious fire fighter vessel. Amphibious fire fighter vessel design is expected to add the prevention action of forest fires in Riau Province. Ship Design of amphibious fire fighter vessel with a covered area of 1 hectar area, payload of 7 ton and 8 crews, obtained main dimensions of ship with Lpp : 10,48 m; B: 2,88 m; H: 2,77 m; T: 1,22 and building cost is Rp. 2.776.191.932,63..

Keywords: forest fires, ship design, amphibious fire fighter vessel, Riau Province, dan building cost.

# DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	15
I.1. Latar Belakang Masalah.....	15
I.2. Perumusan Masalah.....	16
I.3. Tujuan.....	16
I.4. Batasan Masalah.....	17
I.5. Manfaat.....	17
BAB II STUDI LITERATUR .....	19
II.1. Kebakaran Hutan dan lahan .....	19
II.2. Teknis Pemadaman Kebakaran Hutan .....	20
II.3. Moda Pemadam Kebakaran.....	24
II.3.2. Pesawat Pemadam Kebakaran.....	26
II.3.3. Kapal Pemadam Kebakaran .....	26
II.4. Kapal Amfibi.....	27
II.5. Hutan Lahan Gambut .....	29
II.6. Proses Desain Kapal.....	30
II.6.1. <i>Concept Design</i> .....	31
II.6.2. <i>Preliminary Design</i> .....	31
II.6.3. <i>Contract Design</i> .....	32
II.6.4. <i>Detail Design</i> .....	32
II.7. Metode Desain Kapal .....	32
II.7.1. <i>Parent Design Approach</i> .....	33
II.7.1. <i>Trend Curve Design Approach</i> .....	33
II.7.2. <i>Iterative Design Approach</i> .....	33
II.7.3. <i>Parametric Design Approach</i> .....	33
II.7.4. <i>Optimation Design Approach</i> .....	33
II.8. Tinjauan Teknis Desain Kapal .....	34
II.8.1. Menentukan ukuran utama awal kapal.....	34
II.8.2. Perhitungan Hambatan .....	34
II.8.3. Perhitungan Daya Penggerak .....	35
II.8.4. Perhitungan massa dan titik pusat massa DWT .....	36
II.8.5. Perhitungan massa dan titik pusat massa LWT.....	36
II.8.6. Perhitungan <i>trim</i> .....	36
II.8.7. Perhitungan Stabilitas.....	37
II.8.8. Perhitungan Lambung Timbul ( <i>Freeboard</i> ).....	38

II.8.9. Membuat Rencana Garis ( <i>Lines Plan</i> ).....	38
II.8.10. Membuat Rencana Umum ( <i>General Arrangement</i> ) .....	39
BAB III METODOLOGI.....	41
III.1. Metode .....	41
III.2. Tahapan Penyelesaian.....	41
III.3. Bagan Alir.....	45
BAB IV TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL.....	47
IV.1. Tinjauan Umum Provinsi Riau .....	47
IV.2. Hutan Lahan Gambut Provinsi Riau .....	48
IV.2.1. Kebakaran Hutan di Provinsi Riau .....	49
IV.3. Tinjauan Kabupaten Pelalawan .....	64
IV.3.1. Skenario Operasi Pemadaman .....	67
IV.3.2. Teknis kapal naik ke daratan .....	68
BAB V ANALISIS TEKNIS .....	71
V.1. <i>Owner Requirement</i> .....	71
V.1.1. Penentuan <i>payload</i> kapal .....	71
V.1.2. Penentuan Luas Area Tutupan Kapal .....	73
V.2. Perhitungan Teknis .....	74
V.2.1. Penentuan Ukuran Utama Kapal .....	74
V.2.2. Desain Awal Kapal .....	75
V.2.3. Perhitungan Koefisien Kapal .....	76
V.2.4. Hambatan Total dan <i>Power</i> Kapal.....	77
V.2.5. Penentuan Sistem Permesinan dan Spesifikasi Mesin.....	79
V.2.6. Penentuan Spesifikasi Generator Set .....	80
V.2.7. Pemilihan <i>Gearbox</i> .....	81
V.2.8. Perhitungan Jumlah dan Ukuran Roda .....	81
V.2.9. Perhitungan Beban.....	83
V.2.10. Perhitungan Tebal Pelat .....	85
V.2.11. Perhitungan Berat .....	86
V.2.11.1. Perhitungan LWT Kapal.....	86
V.2.11.2. Perhitungan DWT Kapal .....	87
V.2.12. Perhitungan Lambung Timbul Kapal .....	88
V.2.13. Perhitungan <i>Stabilitas</i> .....	88
BAB VI DESAIN KAPAL .....	93
VI.1. Rencana Garis/ <i>Lines Plan</i> .....	93
VI.2. Rencana Umum/ <i>General Arrangement</i> .....	96
VI.3. Gambar 3 Dimensi .....	97
VI.4. Desain Line Diagram Sistem Pemadam Kebakaran .....	99
VI.5. Desain Line Diagram Sistem Permesinan .....	100
BAB VII ANALISIS EKONOMIS.....	103
VII.1. Biaya Pembangunan Kapal .....	103
BAB VIII KESIMPULAN DAN SARAN.....	109
VIII.1. Kesimpulan .....	109
VIII.2. Saran .....	109
DAFTAR PUSTAKA .....	111

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1. Kebakaran permukaan.....	19
Gambar II.2. Pemadaman dengan semprotan air.....	22
Gambar II.3. Pemadaman dengan semprotan busa.....	22
Gambar II.4. Pemadaman dengan memukul api.....	23
Gambar II.5. Ilustrasi membuat sekat bakar.....	23
Gambar II.6. Pemadaman dengan sistem injeksi.....	24
Gambar II.7. Truk pemadam kebakaran.....	25
Gambar II.8. Pesawat pemadam kebakaran.....	26
Gambar II.9. Kapal Pemadam Kebakaran.....	27
Gambar II.10. Truk amfibi.....	28
Gambar II.11. Tank amfibi.....	29
Gambar II.12. Hutan gambut yang telah beralihfungsi untuk lahan perkebunan.....	30
Gambar II.13. Diagram spiral desain.....	31
Gambar II.14. Ilustrasi teori stabilitas.....	37
Gambar III.1. Diagram alir.....	46
Gambar IV.1. Letak geografis Provinsi Riau.....	47
Gambar IV.2. Wilayah administratif Provinsi Riau.....	48
Gambar IV.3. Tren kemunculan titik api.....	52
Gambar IV.4. Tren luas kebakaran hutan.....	55
Gambar IV.5. Persentase luas kebakaran hutan Tiap Provinsi.....	55
Gambar IV.6. Persentase lokasi titik api kebakaran hutan di Provinsi Riau.....	56
Gambar IV.7. Peta sebaran kemunculan titik panas kebakaran hutan Agustus 2018.....	59
Gambar IV.8. Peta sebaran kemunculan titik panas kebakaran hutan Mei 2018.....	60
Gambar IV.9. Tren kebakaran hutan di Provinsi Riau.....	62
Gambar IV.10. Upaya penanggulangan karhutla di Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau.....	64
Gambar IV.11. Tren kebakaran hutan di Kabupaten Pelalawan.....	65
Gambar IV.12. Tren kebakaran hutan rawa di Kabupaten Pelalawan.....	66
Gambar IV.13. Kawasan hutan rawa gambut semenanjung kampar.....	67
Gambar IV.14. Ilustrasi sekat bakar.....	68
Gambar IV.15. Ilustrasi menaikkan kapal ke daratan menggunakan <i>motor winch</i> .....	69
Gambar V.1. Ilustrasi area tutupan kapal pemadam kebakaran amfibi.....	74
Gambar V.2. Sketsa Awal Kapal Pemadam Kebakaran <i>Amphibi</i> .....	76
Gambar V.3. Pilihan mesin induk.....	79
Gambar V.4. Pilihan <i>generator set</i> .....	80
Gambar V.5. <i>Bevel gearbox 3 output</i> .....	81
Gambar V.6. Konfigurasi 3 sumbu roda dengan 10 roda.....	83
Gambar V.7. Model kapal di Maxsurf stabilitas.....	89
Gambar V.8. Loadcase di Maxsurf stabilitas.....	89
Gambar V.9. Memilih kriteria di Maxsurf stabilitas.....	90
Gambar V.10. Kurva lengan GZ kondisi muatan penuh dan <i>consumable</i> penuh.....	92
Gambar VI.1. Tampilan jendela awal <i>software maxsurf</i> .....	93
Gambar VI.2. Tampilan jendela model kapal.....	94
Gambar VI.3. Tampilan untuk mengatur ukuran utama.....	94
Gambar VI.4. Tampilan mengatur <i>stations</i> , <i>buttock lines</i> Dan <i>waterlines</i> .....	95

Gambar VI.5. <i>Lines plan</i> sebelum di- <i>export</i> .....	95
Gambar VI.6. <i>Lines plan</i> setelah di- <i>export</i> .....	96
Gambar VI.7. Rencana umum.....	97
Gambar VI.8. Gambar 3D eksterior samping depan.....	98
Gambar VI.9. Gambar 3D eksterior samping belakang.....	98
Gambar VI.10. Gambar 3D interior .....	99
Gambar VI.11. Gambar 3D Ilustrasi .....	99
Gambar VI.12. <i>Line Diagram</i> Sistem Pemadam Kebakaran .....	100
Gambar VI.13. <i>Line Diagram</i> Sistem Permesinan .....	100

## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1. Perbandingan luas karhutla di Amerika Serikat, Kawasan Eropa, dan Indonesia	50
Tabel IV.2. Perbandingan jumlah kemunculan titik api terbanyak di Indonesia	51
Tabel IV.3. Luas kebakaran hutan dan lahan terbesar di Indonesia	53
Tabel IV.4. Jumlah kemunculan titik Api di Kabupaten/Kota Provinsi Riau	57
Tabel IV.5. Perbandingan luas kebakaran hutan di tiap kabupaten/kota Provinsi Riau	58
Tabel IV.6. Tren Luas kebakaran hutan di kawasan rawa gambut di Provinsi Riau	61
Tabel IV.7. Luas kawasan hutan produksi di tiap kabupaten Provinsi Riau	62
Tabel IV.8. Historis kebakaran hutan di Kabupaten Pelalawan	64
Tabel IV.9. Luas kebakaran hutan di Kawasan Semenanjung Kampar	66
Tabel IV.10. Spesifikasi pilihan motor winch	69
Tabel V.1. Kapasitas air mobil pemadam kebakaran di Provinsi Riau	72
Tabel V.2. Luas area tutupan satgas karhutla Provinsi Riau	73
Tabel V.3. Data kapal pembanding	75
Tabel V.4. Spesifikasi Teknis Mesin Induk	79
Tabel V.5. Spesifikasi <i>generator set</i>	80
Tabel V.6. Kriteria pemilihan <i>gearbox</i>	81
Tabel V.7. Kriteria penentuan sumbu roda dan jumlah roda metode Clark	82
Tabel V.8. Kriteria pemilihan ukuran roda	82
Tabel V.9. Berat LWT	86
Tabel V.10. Berat DWT	87
Tabel V.11. Koreksi Berat dan <i>Displacement</i> Kapal	88
Tabel V.12. Koreksi Lambung Timbul	88
Tabel V.13. Kriteria stabilitas kondisi muatan penuh dan consumable penuh	90
Tabel VII.1. Perhitungan harga komponen lambung kapal	103
Tabel VII.2. Perhitungan harga komponen peralatan navigasi	104
Tabel VII.3. Perhitungan harga komponen peralatan keselamatan	104
Tabel VII.4. Perhitungan harga komponen instalasi permesinan	105
Tabel VII.5. Perhitungan harga komponen instalasi listrik	106
Tabel VII.6. Perhitungan harga komponen Perlengkapan Pemadam Kebakaran	106
Tabel VII.7. Rekapitulasi biaya pembangunan kapal	107
Tabel VII.8. Perhitungan biaya variabel penentuan harga kapal	108

## DAFTAR SIMBOL

$\Delta$	= Volume displacement (m <sup>3</sup> )
$\nabla$	= Displacement kapal (ton)
B	= Lebar keseluruhan kapal (m)
C <sub>b</sub>	= Koefisien blok
C <sub>f</sub>	= Koefisien hambatan gesek
C <sub>m</sub>	= Koefisien midship
C <sub>p</sub>	= Koefisien prismatic
C <sub>tot</sub>	= Koefisien hambatan total
C <sub>w</sub>	= Koefisien hambatan gelombang
C <sub>wp</sub>	= Koefisien water plane
DWT	= Dead weight tonnage (ton)
F <sub>n</sub>	= Froud number
g	= Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
H	= Tinggi lambung kapal (m)
LCB	= Longitudinal center of bouyancy (m)
LCG	= Longitudinal center of gravity (m)
LOA	= Length overall (m)
L <sub>pp</sub>	= Length perperdicular (m)
L <sub>wl</sub>	= Length of waterline (m)
LWT	= Light weight tonnage (ton)
PB	= Brake power (kW)
PE	= Effective power (kW)
PT	= Thrust power (kW)
R <sub>n</sub>	= Reynolds number
R <sub>t</sub>	= Hambatan total kapal (N)
T	= Sarat kapal (m)
VCG	= Vertical center of gravity (m)
V <sub>max</sub>	= Kecepatan maksimal kapal (knot)
V <sub>s</sub>	= Kecepatan dinas kapal (knot)
$\eta_H$	= Nilai efisiensi bentuk badan kapal
$\rho$	= Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
$\tau$	= Trim

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang Masalah**

Sebagai sebuah negara maritim dengan garis pantai terpanjang kedua di dunia, laut menjadi salah satu penyangga roda perekonomian Indonesia. Perairan laut Indonesia menyimpan potensi yang sangat besar dan beraneka ragam berupa sumber daya alam terbarukan seperti: perikanan, terumbu karang, hutan mangrove, dsb. Dan sumber daya alam yang tak terbarukan, seperti: minyak dan gas bumi, emas, perak, timah, bijih besi, bauksit, dsb. Disamping potensi sumber daya yang sangat besar di sektor perairan, Indonesia juga memiliki potensi sumber daya, salah satunya pada ekosistem hutan.

Ekosistem hutan di Indonesia sangatlah luas, Indonesia memiliki hutan yang tumbuh di berbagai tempat, mulai di daerah pantai yang rendah, hingga di kawasan pegunungan tinggi. Masing-masing jenis hutan ini memiliki karakteristik dan tipe tersendiri. Pada kabupaten/kota yang berbatasan langsung dengan laut, mudah untuk menemukan kawasan hutan di daerah pesisir. Namun tidak jarang kawasan hutan tersebut hilang karena alih fungsi lahan ataupun mengalami kerusakan parah. Kawasan hutan di daerah pesisir seperti: hutan mangrove, hutan rawa, dan hutan pantai sebenarnya mempunyai peran vital yaitu untuk melindungi daratan dari ancaman abrasi, dan gelombang ombak dari perairan laut. Salah satu potensi bencana yang bisa terjadi di kawasan hutan daerah pesisir yaitu bencana kebakaran.

Provinsi Riau adalah salah satu provinsi di Indonesia dengan intensitas bencana kebakaran cukup tinggi, bahkan di tahun 2014 bencana kebakaran yang terjadi di Provinsi Riau ditetapkan sebagai bencana nasional oleh pemerintah pusat. Adapun bencana kebakaran hutan/lahan di Provinsi Riau didominasi oleh kebakaran hutan/lahan gambut. Provinsi Riau adalah wilayah yang mempunyai lahan gambut terbesar di pulau Sumatera sebesar 4,044 juta Ha (56,1% dari luas lahan gambut Sumatera atau 45% dari luas daratan provinsi Riau), dan tersebar pada 7 wilayah kabupaten dari pesisir Kabupaten Rokan hilir hingga ke pesisir Kabupaten Indragiri Hilir. Kebakaran di hutan lahan gambut lebih sulit dipadamkan dibandingkan dengan kebakaran yang terjadi di hutan lahan bukan gambut, karena api kebakaran tidak hanya terjadi diatas dipermukaan melainkan juga dibawah permukaan tanah.

Kebakaran hutan berpotensi melumpuhkan kegiatan sosial dan ekonomi masyarakat luas, khususnya di daerah-daerah yang roda perekonomiannya didominasi oleh sektor industri kehutanan salah satunya di Provinsi Riau. Mengantisipasi terjadinya bencana kebakaran hutan di kawasan hutan rawa gambut yang sulit dijangkau oleh mobil dinas pemadam kebakaran, salah satu opsi yang bisa dipilih yaitu menggunakan kapal pemadam kebakaran. Namun kapal pemadam mempunyai keterbatasan yaitu hanya bisa melakukan pemadaman pada lokasi bencana kebakaran yang terjadi di perairan laut dan pada lokasi yang berdekatan dengan garis pantai.

Apabila ada kapal pemadam kebakaran amfibi yang bisa masuk hingga kedalam kawasan hutan rawa, maka penanggulangan bencana kebakaran di kawasan hutan rawa bisa lebih efektif. Dalam penelitian Tugas Akhir ini, peneliti ingin mendesain sebuah kapal pemadam kebakaran amfibi yang bisa dipakai untuk menanggulangi bencana kebakaran yang membayangi kawasan hutan rawa. Supaya kerugian akibat bencana kebakaran bisa di minimalkan, sehingga ekosistem hutan di kawasan pesisir tetap terjaga.

## **I.2. Perumusan Masalah**

Dari latar belakang masalah di atas maka dibuat rumusan permasalahan yang timbul adalah:

1. Bagaimana menentukan *payload* kapal?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal?
3. Bagaimana membuat desain Rencana Garis (*Lines Plan*) kapal?
4. Bagaimana membuat desain Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal?
5. Bagaimana membuat desain 3 dimensi kapal pemadam kebakaran amfibi?
6. Bagaimana analisis biaya pembangunan kapal?

## **I.3. Tujuan**

Berdasarkan dari latar belakang dari Tugas Akhir ini, maka tujuan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah

1. Mendapatkan besar *payload* kapal.
2. Mendapatkan ukuran utama kapal.
3. Mendapatkan desain Rencana Garis (*Lines Plan*) kapal.
4. Mendapatkan desain Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal.
5. Mendapatkan desain 3 dimensi kapal pemadam amfibi

6. Mendapatkan analisis biaya pembangunan kapal.

#### **I.4. Batasan Masalah**

Batasan permasalahan yang dibahas dalam Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Analisis teknis desain sebatas *concept design*.
2. Analisis teknis tanpa melakukan perhitungan terhadap konstruksi, kekuatan memanjang, dan kekuatan melintang.

#### **I.5. Manfaat**

Penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat, diantaranya sebagai berikut:

1. Bagi Pemerintah, sebagai rujukan pertimbangan untuk pengembangan desain kapal pemadam untuk penanggulangan bencana kebakaran hutan di Provinsi Riau.
2. Bagi kalangan akademisi dan umum, sebagai sumbangsih pengetahuan dalam hal perancangan kapal pemadam kebakaran amfibi.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

#### **II.1. Kebakaran Hutan dan lahan**

Kebakaran hutan/lahan berulang hampir setiap tahun di Indonesia, ketika memasuki musim kering ekstrem (El Nino) kebakaran hutan/lahan dan perkebunan terjadi di banyak tempat. Meskipun sudah diantisipasi dan diingatkan jauh-jauh hari kebakaran hutan lindung sampai kebakaran perkebunan tetap terjadi. Secara teoritis kebakaran hutan/lahan dapat terjadi akibat faktor alam dan manusia atau kombinasinya. Faktor alam seperti musim kering dan kondisi hutan/lahan yang mudah terbakar, sedangkan faktor manusia adalah bersifat kesengajaan ataupun karena kelalaian. Ada 3 macam kebakaran hutan, jenis-jenis kebakaran hutan antara lain (Sjahrir, 1993):

1. Api permukaan atau Kebakaran permukaan yaitu kebakaran yang terjadi pada lantai hutan dan membakar seresah, kayu-kayu kering, dan tanaman bawah. Sifat api permukaan cepat merambat, nyalanya besar dan panas, namun cepat padam.



(Sumber:bbc.com)

Gambar II.1. Kebakaran permukaan

2. Api tajuk atau Kebakaran tajuk yaitu kebakaran yang membakar seluruh tajuk tanaman pokok terutama pada jenis-jenis hujan yang daunnya mudah terbakar. Apabila tajuk

hutan cukup rapat, maka api yang terjadi cepat merambat dari satu tajuk ke tajuk yang lain.

3. Api tanah adalah api yang membakar lapisan organik yang di bawah lantai hutan, oleh karena sedikit udara dan bahan organik ini. Kebakaran yang terjadi tidak ditandai dengan adanya nyala api. Penyebaran api sangat lamban, bahan api tertahan dalam waktu yang lama pada suatu tempat.

Dampak negatif kebakaran hutan dan lahan meliputi: biofisik, sosial ekonomi, dan lingkungan (Suyono, 2005). Dampak negatif terhadap biofisik seperti hilangnya plasma nutfah (sumber daya genetik pembawa sifat keturunan) seiring dengan hancurnya vegetasi akibat kebakaran hutan. Dampak negatif terhadap sosial ekonomi seperti penurunan daya dukung dan produktivitas hutan dan lahan. Sedangkan dampak negatif terhadap lingkungan seperti munculnya suatu kondisi cuaca tertentu yaitu kabut asap dari kebakaran hutan/lahan yang menyebabkan penurunan visibilitas.

## **II.2. Teknis Pemadaman Kebakaran Hutan**

Agar pemadaman kebakaran hutan dapat dilakukan dengan efektif dan efisien, sebelum mengimplementasikan strategi dan teknis pemadaman kebakaran, ada beberapa faktor yang menjadi pertimbangan dalam proses pemadaman kebakaran hutan, antara lain (Efendi, 2011):

1. Bahan bakar adalah komposisi bahan bakar yang terkandung pada hutan/lahan yang sangat berpengaruh terhadap kebakaran. Misalnya Komposisi bahan bakar pada jenis gambut yang tebal lebih dan banyak terdapat sisa-sisa kayu atau pohon yang masih belum lapuk, sangat berpengaruh terhadap kebakaran bawah. Pada jenis ini biasanya setelah api membakar habis tanaman atau pohon serta semak belukar diatas tanah maka api akan secara perlahan-lahan masuk dalam tanah. Kondisi ini diakibatkan gambut secara alamiah terbentuk dari hasil sari sisa tanaman pohon yang telah melapuk.
2. *Slope* adalah besarnya kelerengan hutan/lahan yang bisa mempengaruhi kecepatan perambatan api.
3. Angin (arah, dan kecepatan) yaitu memperhatikan arah dan kecepatan angin agar dapat mengetahui gerakan api, sehingga bisa menentukan strategi dan taktik pemadaman yang lebih efektif dan efisien.
4. Nilai yang perlu diselamatkan yaitu tujuan dari proses pemadaman api kebakaran. Pada kebakaran hutan/lahan pemadaman dilakukan untuk mencegah kebakaran hutan/lahan yang lebih luas yang bisa mengancam kelestarian kawasan hutan lindung, cagar alam

atau pohon yang bernilai ekonomi tinggi serta tanaman-tanaman kebun (karet, jelutung dll).

5. Tanah yaitu jenis tanah pada lokasi kebakaran hutan/lahan. Pada jenis tanah gambut yang tebal lebih beresiko terbakar lama karena api terus membakar habis bahan bakar yang ada dalam gambut tersebut.
6. Sumber air yaitu lokasi sumber air terdekat dari pusat api kebakaran hutan/lahan. Jika sumber air terlalu jauh dari pusat api, untuk memenuhi kebutuhan air dalam pemadaman kebakaran hutan/lahan bisa dilakukan dengan cara pembuatan sumur bor.
7. Peralatan yang tersedia meliputi jumlah dan jenis peralatan yang digunakan. Sangat menentukan berapa luas jangkauan pemadaman.

Secara umum ada 2 jenis kebakaran hutan/lahan yaitu kebakaran permukaan dan kebakaran di bawah permukaan (biasa terjadi pada hutan/lahan gambut). Tindakan pemadaman harus disesuaikan dengan tipe kebakaran yang terjadi, adapun teknis pemadaman kebakaran sesuai tipe kebakaran hutan/lahan, antara lain (Efendi, 2011):

1. Pemadaman kebakaran hutan/lahan permukaan.

Teknis pemadaman kebakaran permukaan dapat dilakukan dengan dua metode yaitu pemadaman langsung dan pemadaman tidak langsung.

- A. Pemadaman langsung.

Proses pemadaman langsung dilakukan dengan memperhatikan kondisi areal kebakaran yang terjadi, seperti topografi areal yang terbakar. Beberapa teknis pemadaman langsung yang dapat dilakukan, antara lain:

- I. Pemadaman dengan tanah/lumpur yaitu Api dipadamkan dengan menyebarkan tanah atau lumpur secara langsung ke sumber api dengan menggunakan sekop, cangkul. Cara pemadaman ini sering dilakukan pada pemadaman kebakaran di darat yang apinya relatif kecil.
- II. Pemadaman dengan semprotan air secara mekanis atau tenaga manusia yaitu memadamkan kebakaran dengan cara menyemprotkan air ke titik api kebakaran secara terus menerus hingga api kebakaran padam. Pemadaman dengan tenaga manusia biasa dilakukan dengan berbagai peralatan sederhana seperti ember dan jerigen. Sementara memadamkan secara mekanis dilakukan menggunakan sarana pompa mekanis yang ada pada truk pemadam kebakaran dan pesawat.



(Sumber:tempo.com)

Gambar II.2. Pemadaman dengan semprotan air

- III. Pemadaman dengan semprotan busa yaitu menggunakan busa untuk proses pemadaman api kebakaran. Secara teknis air dicampurkan dengan busa pemadam api, lalu disemprotkan secara terus menerus ke titik api kebakaran menggunakan pompa mekanis, hingga api kebakaran padam.



(Sumber:datariau.com)

Gambar II.3. Pemadaman dengan semprotan busa

- IV. Memukul-mukul/menginjak-injak api kebakaran hingga padam yaitu proses pemadaman kebakaran yang dilakukan dengan memukul titik api kebakaran

hingga api padam secara langsung. Proses pemadaman bisa dilakukan dengan menggunakan peralatan sederhana seperti keyyok atau ranting-ranting kayu yang masih hidup.

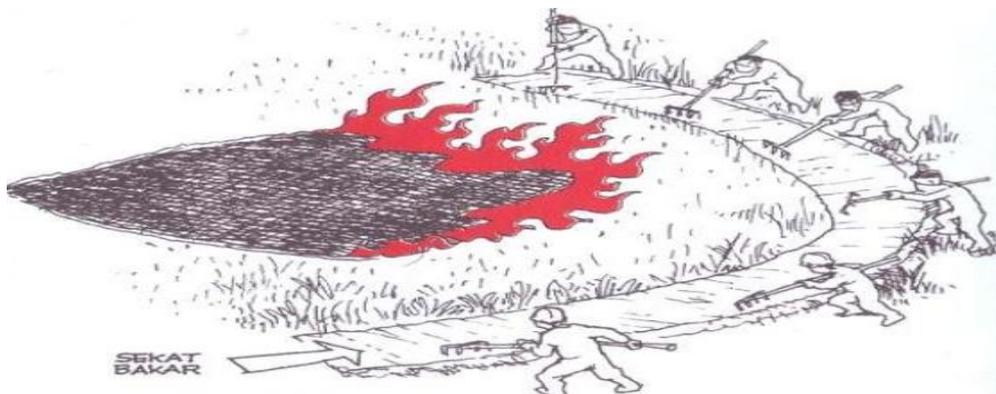


(Sumber:kompas.com)

Gambar II.4. Pemadaman dengan memukul api

#### B. Pemadaman tak langsung.

Proses pemadaman tidak langsung dilakukan ketika usaha pemadaman langsung tidak berhasil mematikan api kebakaran. Pemadaman tidak langsung dapat dilakukan dengan beberapa cara, seperti: membuat jalur basah (*wet line*), membuat sekat bakar (*fire break*), dan pembakaran balik (*back fire*).



(Sumber:detik.com)

Gambar II.5. Ilustrasi membuat sekat bakar

## 2. Pemadaman kebakaran di bawah permukaan.

Kebakaran di bawah permukaan khususnya pada hutan dan lahan gambut ditandai dengan munculnya asap yang keluar dari tanah gambut, dan api yang membakar di bawah gambut akan memanaskan tanah gambut yang ada di atasnya. Untuk memadamkan api kebakaran tersebut dapat menggunakan metode sistem injeksi. Pemadaman dengan sistem injeksi yaitu memasukan kepala pipa besi ke lorong api untuk penyemprotan di bawah tanah. Pipa besi tersebut dibuat sedemikian rupa dan diberi nama “*Nozzle Protection Sleeves*”.



(Sumber:blog.act.id)

Gambar II.6. Pemadaman dengan sistem injeksi

### II.3. Moda Pemadam Kebakaran

Moda pemadam kebakaran tergolong sebagai unit gawat darurat, di darat tipe kendaraan ini biasanya truk yang bagian belakang merupakan penyimpanan air. Di laut berupa kapal pemadam kebakaran yang dilengkapi dengan pompa dan nozel yang dirancang untuk memadamkan api kebakaran di garis pantai dan kebakaran kapal. Sedangkan untuk kawasan-kawasan kebakaran yang sulit dijangkau oleh moda truk pemadam dan kapal pemadam moda pemadam kebakaran berupa pesawat dirancang untuk pemadam kebakaran di medan-medan yang sulit dijangkau.

#### II.3.1. Truk Pemadam Kebakaran

Truk Pemadam Kebakaran tergolong sebagai kendaraan unit gawat darurat. Tipe kendaraan ini biasanya truk yang bagian belakang merupakan penyimpanan air, dan kendaraan

ini umumnya berwarna merah. Ada beberapa tipe kendaraan yang digunakan di kesatuan pemadam kebakaran seperti (Wijaya, 2009):

- Mobil *pick-up double cabin* atau SUV yang digunakan untuk membawa perwira/komando pemadam kebakaran.
- Truk pemadam kebakaran dengan ukuran kecil dan besar sebagai unit pembawa air (*unit tanker*).
- Truk pemompa dan penyimpan air (biasanya dapat memompa air dari hidran dan sumber air lainnya) disebut *pump unit*.
- Truk dan mobil pembawa alat-alat dan perlengkapan (selang, palu, gergaji, p3k, lampu, dll) pemadam kebakaran.
- Truk pembawa tangga (*unit ladder*).
- Kendaraan pembantu operasional lainnya seperti: ambulans milik pemadam kebakaran.



(Sumber:gridoto.com)

Gambar II.7. Truk pemadam kebakaran

Pada kondisi darurat/menanggapi suatu kebakaran, kendaraan ini wajib diberi laluan dan jalan di lalulintas agar sampai di lokasi dengan cepat. Pada kondisi darurat atau menanggapi suatu kebakaran, kendaraan ini akan membunyikan sirene dan menyalakan lampu-lampu

darurat yang umumnya berwarna merah atau biru maupun kuning, jika pengemudi melihat ini di jalan raya atau lalulintas, maka seluruh kendaraan wajib memberi laluan atau minggir untuk memprioritaskan tugas penyelamatan nyawa tersebut. Dan jika ada pengemudi yang mengabaikan, membiarkan, atau mengganggu perjalanan kendaraan darurat yang sedang menjalankan tugas, maka itu merupakan tindakan pelanggaran lalulintas dan sangat dilarang dalam peraturan lalu-lintas Indonesia maupun seluruh dunia.

### **II.3.2. Pesawat Pemadam Kebakaran**

Adalah pesawat yang dirancang untuk pemadam kebakaran, pencarian dan penyelamatan, patroli maritim, kargo, dan transportasi penumpang pada daerah-daerah yang sulit dijangkau oleh moda transportasi apapun. Pesawat ini dirancang untuk memiliki kapasitas angkut air sebesar 12 ton air bahkan lebih, atau sampai dengan 72 penumpang. Salah satu rancangan pesawat ini yang sudah diproduksi yaitu Beriev Be-200 Altair adalah pesawat amfibi sayap tinggi (*high wing*) serbaguna yang dirancang oleh *Beriev Aircraft Company* dan diproduksi oleh Irkut (Wijaya, 2009).



(Sumber: [jejaktapak.com](http://jejaktapak.com))

Gambar II.8. Pesawat pemadam kebakaran

### **II.3.3. Kapal Pemadam Kebakaran**

Adalah kapal yang dilengkapi dengan pompa dan nozel yang dirancang untuk memadamkan api kebakaran di garis pantai dan kebakaran kapal. Kapal pemadam kebakaran

memiliki pasokan air yang tidak terbatas, memompa air langsung dari laut menggunakan pompa bawah lambung kapal. Klasifikasi kapal pemadam kebakaran ada 3 jenis, yaitu:

1. Fi-Fi I *Vessels* yaitu kapal pemadam kebakaran dengan spesifikasi: jumlah monitor pemadam 2, kapasitas pompa 2400m<sup>3</sup>/jam, tinggi semburan air 45 m, dan panjang semburan air 120 m.
2. Fi-Fi II *Vessels* yaitu kapal pemadam kebakaran dengan spesifikasi jumlah monitor pemadam 2-4, kapasitas pompa 7200m<sup>3</sup>/jam, tinggi semburan air 70-110 m, dan panjang semburan air 150-180 m.
3. Fi-Fi III *Vessels* yaitu kapal pemadam kebakaran dengan spesifikasi: jumlah monitor pemadam 4, kapasitas pompa 9600m<sup>3</sup>/jam, tinggi semburan air 70 m, dan panjang semburan air 180 m.



(Sumber: pixabay.com)

Gambar II.9. Kapal Pemadam Kebakaran

#### **II.4. Kapal Amfibi**

Adalah jenis kapal yang dirancang untuk beroperasi di darat dan di laut, rancangan kapal amfibi pertama kali dipakai oleh militer untuk pendaratan pasukan ke darat dan mendukung pasukan darat di wilayah musuh melalui serangan amfibi. Saat ini pengaplikasian kapal jenis

ini sudah cukup banyak meskipun masih didominasi oleh kebutuhan militer. Berikut ini contoh-contoh penggunaan kapal afibi antara lain (Adiba, 2016):

### 1. Truk amfibi

Dengan berkembangnya teknologi, saat ini mulai banyak bermunculan penemuan atau penciptaan teknologi yang berasal dari ide manusia yang dulunya dianggap “khayalan”. Salah satunya adalah pengembangan konsep kendaraan angkut kargo amfibi. Kargo amfibi merupakan kendaraan angkut kargo yang mempunyai kapabilitas amfibi. Bisa diandalkan untuk misi evakuasi bencana alam dan untuk misi perang. Konsep kapal dikombinasikan dengan konsep *truck carrier* yang beroperasi di darat. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan agar kendaraan angkut tersebut dapat beroperasi di air dan di darat.



(Sumber:indomiliter.com)

Gambar II.10. Truk amfibi

### 2. Tank amfibi

Tank merupakan kendaraan jenis pertama yang menerapkan konsep amfibi. Hal tersebut dilakukan dengan tujuan agar memudahkan tentara untuk menyerang musuh baik melalui darat maupun perairan. Beberapa *tank* yang telah menerapkan konsep amfibi antara lain: BMD-4M *Infantry Fighting Vehicle* yang saat ini dioperasikan oleh Pasukan Lintas Udara Rusia, *Terrex Wheeled Armoured Vehicle* yang dikembangkan oleh Singapura, IVECO SUPERAV *Amphibious Armoured Vehicle* yang dikembangkan oleh IVECO Italia, dan lain-lain.



(Sumber:kumparan.com)

Gambar II.11. Tank amfibi

## II.5. Hutan Lahan Gambut

Gambut merupakan tanah organik yang terbentuk dari sisa-sisa tumbuhan yang belum terurai yang memiliki presentase kandungan karbon organik tinggi. Tanah gambut terbentuk melalui penumpukan sisa-sisa tumbuhan yang tidak terurai sempurna oleh oksidasi yang terjadi di daerah rawa yang memiliki aliran air yang buruk. Tanah gambut mudah terbentuk di daerah dingin dimana penguraian benda organik berlangsung dengan lambat, tetapi dapat juga terbentuk di daerah rawa dekat garis khatulistiwa yang beriklim tropis. (Paavilainen dan Päivänen, 1995)

Tanah gambut yang tersebar luas di daerah tropis dan memiliki jumlah penumpukan karbon organik yang sangat besar. Terlebih lagi di Asia Tenggara dimana lahan gambut tropis tersebar luas. sekitar 60% gambut tropis atau sekitar 27 juta hektar terletak di kawasan ini. Lahan gambut di Asia Tenggara meliputi 12% total luas daratannya. Sekitar 83% masuk dalam wilayah Indonesia, yang tersebar di Pulau Sumatera, Kalimantan dan Papua. Ketebalan lapisan gambut pada tanah gambut tropis lebih tinggi dibandingkan angka rata-rata pada tanah gambut di daerah dingin. (Agus dan Subiksa, 2008)

Lahan gambut di Indonesia mempunyai ketebalan 1 hingga 12 meter, bahkan di tempat tertentu bisa mencapai 20 meter. Karena karakteristiknya yang sangat baik untuk pertanian, lahan gambut banyak dimanfaatkan untuk berbagai aktivitas pertanian dan perkebunan. Namun karena eksploitasi secara berlebihan banyak dari sebaran lahan gambut mengalami kerusakan,

kerusakan lahan gambut sebagian besar terjadi karena aktivitas manusia, misalnya konversi hutan gambut menjadi lahan pertanian, perkebunan dan kehutanan. Kerusakan lahan gambut diawali dengan proses pembabatan hutan (*land clearing*). Proses selanjutnya adalah pengeringan lahan yang bertujuan untuk mengeluarkan air yang terkandung dalam tanah gambut dengan membuat parit atau saluran drainase agar air mengalir keluar. Akibat proses pengeringan gambut akan kehilangan sebagian kemampuannya untuk menyimpan air. Sehingga di musim kemarau akan rawan kebakaran.



(Sumber:jurnalbumi.com)

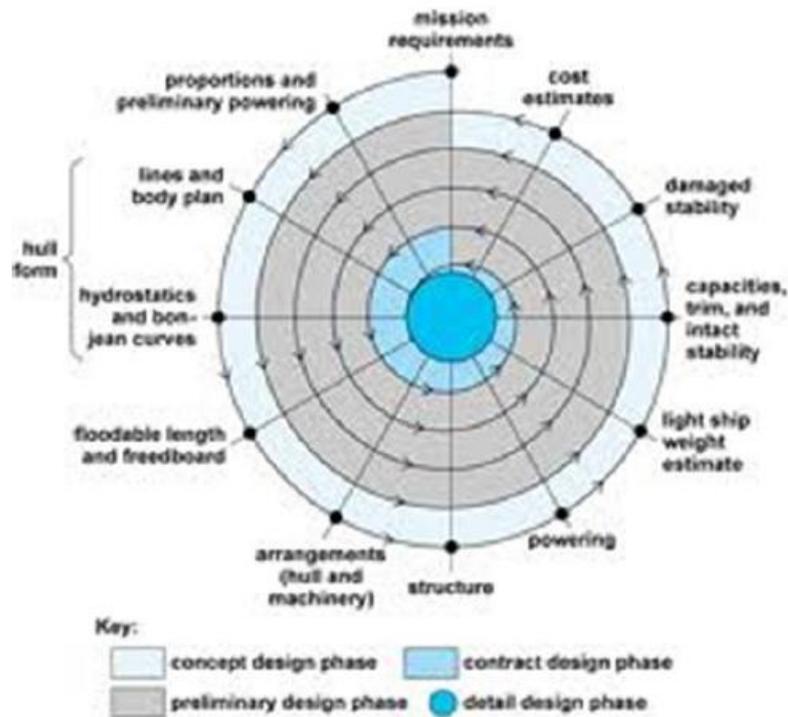
Gambar II.12. Hutan gambut yang telah beralihfungsi untuk lahan perkebunan

Sebagian besar kasus kebakaran hutan lahan gambut di Indonesia akibat dari alihfungsi hutan lahan gambut yang tidak terkontrol. Salah satu bencana terbesar, kebakaran hutan tropis di Sumatera yang terjadi bulan Juni 2013 silam menghancurkan tak kurang dari 140.000 hektar hutan hanya dalam waktu sepekan. Sebagian besar titik api berasal dari lahan gambut, yang telah beralihfungsi menjadi Hutan tanaman Industri (HTI). Lahan gambut bagi Indonesia memiliki nilai yang sangat penting karena mampu menyimpan karbon 20 kali lipat lebih banyak dibandingkan hutan hujan tropis biasa atau tanah yang bermineral, dan 90% diantaranya disimpan di dalam tanah. Sehingga Penegakan hukum untuk melindungi lahan gambut, restorasi lahan gambut yang telah rusak, dan pelarangan pembakaran lahan gambut harus dilakukan secara tegas, termasuk melindungi lahan gambut yang tersisa.

## II.6. Proses Desain Kapal

Proses desain kapal adalah seluruh proses perencanaan dan analisis yang dilakukan secara berulang dan berhubungan. Proses desain dilakukan secara berulang agar didapatkan

desain kapal yang optimal. Desain ini digambarkan pada desain spiral (*the spiral design*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar II.13. Desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*. (Watson, 1998).



(Sumber: Prinsipal of yachts design, 2007)

Gambar II.13. Diagram spiral desain

### II.6.1. Concept Design

Adalah tahapan menerjemahkan *mission requirement* atau permintaan pemilik kapal ke dalam spesifikasi-spesifikasi dasar dari kapal yang akan direncanakan. Untuk mendapatkan ukuran utama kapal seperti: panjang, lebar, sarat, dan karakter lainnya yang memenuhi kecepatan, *range (endurance)*, dan kapasitas, *deadweight*). *Concept Design* bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya peralatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan *Concept Design* biasanya berupa gambar atau sketsa secara umum, baik sebagian ataupun secara lengkap.

### II.6.2. Preliminary Design

Langkah kelanjutan dari *concept design* yaitu memeriksa kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan performance. Pemeriksaan ulang terhadap panjang, lebar, daya mesin, *deadweight* yang diharapkan tidak banyak merubah pada tahap ini. Dalam hubungannya dengan desain spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan lintasan kedua pada desain 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.

### **II.6.3. Contract Design**

Merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*. Pada tahapan ini dilakukan pengembangan perancangan kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pihak pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal. Proses desain yang dilakukan dalam tahapan ini, seperti: merencanakan/menghitung lebih teliti *hull form* (bentuk badan kapal) dengan memperbaiki *lines plan*, tenaga penggerak dengan menggunakan *modeltest*, *seakeeping* dan *maneuvering* karakteristik, pengaruh jumlah *propeller* terhadap badan kapal, detail konstruksi, pemakaian jenis baja, jarak dan tipe gading.

Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi *Arrangement drawing*, *Structural drawing*, *Structural details*, *Propulsion arrangement*, *Machinery selection*, *Propeller selection*, *Generator selection*, *Electrical selection*.

### **II.6.4. Detail Design**

Adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal, mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah membuat gambar produksi yang diperlukan untuk penggunaan mekanik yang membangun lambung dan berbagai unit mesin bantu dan mendorong lambung, fabrikasi, dan instalasi perpipaan dan kabel. Hasil dari tahapan ini adalah berisi petunjuk atau intruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi pada *fitters*, *welders*, *outfitters*, *metal workers*, *machinery vendors*, *pipe fitters*, dan lain-lainnya.

## **II.7. Metode Desain Kapal**

Secara umum metode dalam proses mendesain kapal ada lima metode yaitu (Watson, 1998): *parent design approach*, *trend curve design approach*, *iterative design approach*, *parametric design approach*, *optimization design approach*.

### ***II.7.1. Parent Design Approach***

Merupakan metode dalam mendesain kapal dengan cara menganbil sebuah kapal untuk dijadikan sebagai acuan kapal pembanding. Kapal acuan harus memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan didesain. Untuk menggunakan metode ini *designer* kapal harus mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan didesain, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus. Keuntungan dalam *parent design approach* adalah:

1. Proses desain kapal lebih cepat, karena menggunakan kapal acuan yang memiliki karakteristik sama dengan kapal yang akan didesain.
2. Performa kapal terbukti (*stability, motion, reistance*).

### ***II.7.1. Trend Curve Design Approach***

Biasa disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan ukuran utama (*main dimension*). Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi dimana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

### ***II.7.2. Iterative Design Approach***

Adalah sebuah metodologi desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus *prototyping, testing, dan analyzing*. 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 yang sudah berpengalaman menggunakan *knowledge*.

### ***II.7.3. Parametric Design Approach***

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

### ***II.7.4. Optimization Design Approach***

Adalah Metode optimasi untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Desain kapal yang optimum

menghasilkan kapal yang mampu meminimalkan *economic cost*. Parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, *freeboard*, *trim*, dan harga kapal.

## II.8. Tinjauan Teknis Desain Kapal

Dalam istilah dunia perkapalan seorang *naval architect* harus mampu menerjemahkan permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) ke dalam bentuk gambar, spesifikasi dan data lainnya untuk membangun kapal. Dalam mendesain sebuah kapal ada beberapa tahap, yaitu :

### II.8.1. Menentukan ukuran utama awal kapal

Adapun ukuran utama awal kapal meliputi:

- a) Lpp (*Length Between Perpendicular*) Merupakan panjang kapal yang diukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/FP*).
- b) LOA (*Length Overall*) Merupakan panjang keseluruhan kapal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.
- c) Bm (*Moulded Breadth*) Merupakan lebar kapal yang diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja. Untuk kapal yang terbuat dari kayu atau bukan logam lainnya, diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.
- d) H (*Height*) Merupakan tinggi kapal yang diukur dari bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai titik atas balok geladak sisi kapal.
- e) T (*Draught*) Merupakan sarat kapal yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

### II.8.2. Perhitungan Hambatan

Perhitungan hambatan untuk kapal ini mencakup hambatan di air dan di darat. Untuk hambatan di air menggunakan metode khusus yaitu menggunakan metode tahanan tongkang, karena mempunyai nilai *cb* dalam rentang 0,9-1,0. Tahanan tongkang dibagi menjadi dua komponen yaitu Tahanan Air dan Tahanan Angin (Henschke, 1978);

- a) Nilai hambatan air didapat dari rumus:

$$W = f \cdot s \cdot V^{1.83} + P \cdot F_x \cdot V^2 \quad (\text{II.1})$$

Dimana:

- F = Konstanta bahan  
S = Luas permukaan basah (m<sup>2</sup>)  
V = Kecepatan kapal (m/s)  
F<sub>x</sub> = Luas penampang midship (m<sup>2</sup>)

b) Nilai hambatan angin didapat dari rumus:

$$W = 0,0041 \cdot (0,3A1 + A2) \cdot Va^2 \quad (\text{II.2})$$

Dimana:

A1 = Luas penampang melintang kapal (m<sup>2</sup>)

A2 = Luas proyeksi transversal bangunan atas (m<sup>2</sup>)

Va = Kecepatan relatif angin (m/s)

Rumus hambatan total RT adalah sebagai berikut

$$R_{total} = W_{air} + W_{angin} + \text{margin } 15\% \quad (\text{II.3})$$

Setelah menghitung hambatan total kapal ketika beroperasi di air, selanjutnya menghitung hambatan total kapal di darat. Perhitungan hambatan untuk kapal ini menggunakan metode (Clark, 1979), tahanan dibagi menjadi dua komponen yaitu *rolling resistance* dan *air resistance*;

1. Formula untuk *rolling resistance*:

$$Fr = c \cdot W \quad (\text{II.4})$$

Dimana:

c = *Rolling resistance coefficient*

W = *Normal force* (N)

2. Formula untuk *air resistance*:

$$Fd = cd \cdot \frac{1}{2} \rho v^2 A \quad (\text{II.5})$$

Dimana:

cd = *Drag coefficient*

$\rho$  = *Density of fluid* (1,2 kg/m<sup>3</sup>)

Va = Kecepatan di darat (m/s)

A = *Characteristic frontal area of the body* (m<sup>2</sup>)

Rumus hambatan total RT adalah sebagai berikut;

$$R_{total} = Fr + Fd \quad (\text{II.6})$$

### II.8.3. Perhitungan Daya Penggerak

Perhitungan kebutuhan daya penggerak utama agar kapal dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan adalah sebagai berikut:

- *Effective Horse Power* (EHP)

$$\text{EHP} = RT \times Vs \quad (\text{II.7})$$

RT = Hambatan total kapal. (N)

VS = Kecepatan dinas kapal. (m/s)

- *Delivery Horse Power* (DHP)

$$DHP = EHP / \eta_D \quad (II.8)$$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_O \times \eta_{RR}$$

$\eta_H$  = Efisiensi badan kapal.

$\eta_O$  = Efisiensi baling-baling yang terpasang pada bagian belakang kapal.

$\eta_{RR}$  = Efisiensi relatif rotatif.

- *Break Horse Power* (BHP)

$$BHP = DHP + (X \% \times DHP) \quad (II.9)$$

X = Faktor tambahan (koreksi letak kamar mesin dan koreksi daerah pelayaran).

#### II.8.4. Perhitungan massa dan titik pusat massa DWT

DWT itu terdiri dari *payload* atau muatan bersih, *consummable* dan *crew*. *Payload* berharga 90% dari DWT, *consummable* terdiri dari bahan bakar (*fuel oils*), minyak lumas (*lubrication oils*), minyak diesel (*diesel oils*), air tawar (*fresh water*) dan barang bawaan (*provision and store*). Setelah berat diketahui maka dilakukan perhitungan titik berat DWT untuk mencari harga KG.

#### II.8.5. Perhitungan massa dan titik pusat massa LWT

LWT terdiri dari berat badan kapal, peralatan dan perlengkapan dan permesinan atau kata lain berat kapal kosong tanpa muatan dan *consummable*. Untuk menghitung berat baja kapal, peralatan dan perlengkapan serta permesinaan beberapa menggunakan metode pendekatan.

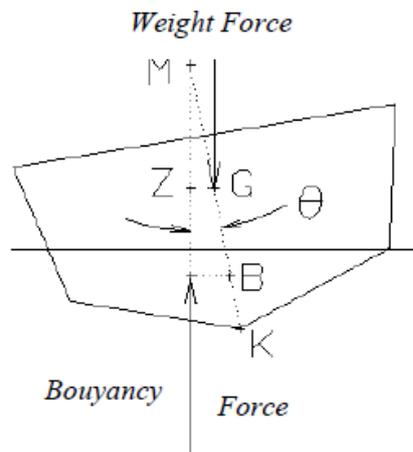
#### II.8.6. Perhitungan *trim*

Trim dapat didefinisikan sebagai gerakan kapal yang mengakibatkan tidak terjadinya *even keel* atau gerakan kapal mengelilingi sumbu Y secara tepatnya. Trim ini terjadi akibat dari tidak meratanya momen statis dari penyebaran gaya berat. Trim dibedakan menjadi dua yaitu *trim* haluan dan *trim* buritan. *Trim* haluan yaitu sarat haluan lebih tinggi daripada sarat buritan sedangkan *trim* buritan kebalikan dari *trim* haluan.

### II.8.7. Perhitungan Stabilitas

Stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali kepada kedudukan keseimbangan dalam air tenang ketika kapal mengalami gangguan. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas, ditunjukkan pada Gambar II.7. Sementara itu komponen-komponen dalam stabilitas kapal, meliputi:

1. Titik *G* (*gravity*) yaitu titik berat kapal;
2. Titik *B* (*buoyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air; dan
3. Titik *M* (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan keatas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan keatas pada sudut oleng.



(www.boatdesign.net)

Gambar II.14. Ilustrasi teori stabilitas

Pada Gambar II.15, diilustrasikan bagaimana syarat kondisi yang harus dipenuhi sebuah kapal agar saat berlayar kondisinya stabil. Ada 2 titik yang menjadi syarat agar kapal bisa mengapung, yaitu titik apung “*B*”, dan titik berat “*G*”. Kapal yang stabil saat diberi sudut kemiringan tertentu, titik *B* akan memproyeksikan sebuah titik apung baru “*BI*”. Titik *BI* kemudian akan membentuk garis khayal yang akan bertemu dengan proyeksi garis yang dibentuk titik *G*. Pertemuan antara kedua garis ini disebut titik metasenter “*M*”.

Bila titik *M* ini berada di atas titik *G*, seperti yang diilustrasikan lewat Gambar II.7, maka kapal dinyatakan stabil, karena kapal bisa kembali ke posisi semula setelah diberi sudut oleng tertentu. Ada beberapa kriteria utama dalam menghitung stabilitas kapal. Kriteria stabilitas tersebut diantaranya [*IMO regulation A. 749(18)*] adalah:

1.  $e0\ 30^\circ \geq 0.055\ \text{m.rad}$

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak *GZ* pada sudut  $30^\circ \geq 0.055\ \text{m.rad}$

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

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$

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

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$

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

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 m pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.

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

Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari  $25^\circ$

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

Tinggi metasenter awal  $GM_0$  tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

### II.8.8. Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

*Freeboard* adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. *Freeboard* adalah salah satu syarat keselamatan kapal selama melakukan perjalanan laut, terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul antara lain: PGMI (Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985 dan konferensi internasional tentang peraturan lambung timbul minimum ILLC (*International Load Lines Convention, 1966 on London*). Dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa tinggi lambung timbul minimum (*Summer Load Lines*) telah disebutkan dalam table lambung timbul minimum untuk kapak dengan panjang tertentu. Selain itu jika kapal lebih kecil dari 24 meter bisa menggunakan *Non Conventional Load Lines*.

### II.8.9. Membuat Rencana Garis (*Lines Plan*)

Rencana garis adalah gambar potongan melintang, memanjang dan diagonal kapal yang dilihat dari samping, depan, atas dan digambarkan dalam bentuk garis. Beberapa gambar yang ada dalam rencana garis, diantaranya (Parson, 2001):

1. *Body Plan* Adalah garis-garis yang menggambarkan bentuk potongan melintang badan kapal yang cukup digambar separuh, dimana pada bagian kiri merupakan bagian belakang kapal dan kanan merupakan bagian depan kapal.
2. *Sheer Plan* Adalah garis-garis yang menggambarkan bentuk potongan memanjang badan kapal pada *bottom line*.
3. *Half Breadth Plan* Adalah garis-garis yang menggambarkan bentuk potongan horizontal badan kapal pada garis air tertentu. Garis tersebut membentuk setengah lebar kapal terhadap *centerline*.

4. Garis Air (*Water Lines*) Adalah Garis-garis yang memotong horizontal tiap suatu ketinggian garis air tertentu yang digambarkan bentuk badan kapal secara memanjang dilihat dari pandangan atas.
5. Garis Dasar (*Base Lines*) Adalah Garis air yang paling bawah. Dalam hal ini adalah garis air 0 m.

#### **II.8.10. Membuat Rencana Umum (*General Arrangement*)**

Rencana umum adalah perencanaan ruangan yang di sesuaikan dengan kebutuhan, fungsi dan perlengkapan kapal. Rencana umum kapal didasarkan pada peletakan kamar mesin, kebutuhan akomodasi, dan peletakan tangki-tangki yang dibutuhkan. Untuk menjaga stabilitas dan trim kapal perencanaan peletakan tangka-tangki dan perlengkapan kapal juga turut diperhatikan. Penyusunan rencana umum yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Unsur estetika dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain (van Dokkum, 2005):

1. Penentuan lokasi ruang utama.
2. Penentuan batas-batas ruangan.
3. Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat.
4. Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup.

Referensi dalam menyusun rencana umum bisa dilihat dari data rencana umum kapal-kapal perbandingan yang memiliki spesifikasi tidak jauh berbeda dengan kapal yang sedang dirancang.

Pendekatan pembuatan rencana umum didasarkan pada informasi minimum yang meliputi:

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

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB III METODOLOGI**

### **III.1. Metode**

Untuk memperoleh hasil penelitian yang optimal perlu adanya perumusan metodologi penelitian untuk mengarahkan penulisan. Tujuan dari perumusan metodologi yaitu untuk memudahkan pembaca dalam memahami permasalahan yang ada. Dalam penulisan Tugas Akhir ini adapun metodologi penelitian yang dipakai yaitu Deskriptif Kualitatif dengan data untuk penelitian yang diperoleh melalui hasil studi pustaka, wawancara, dan observasi. Secara garis besar tahapan penelitian dimulai dengan perumusan latar belakang, tujuan, dan hipotesa penelitian. Dilanjutkan dengan melaksanakan kajian pustaka terhadap literatur-literatur yang mendukung proses penelitian, berikutnya melakukan survei untuk mengidentifikasi data kualitatif dan data kuantitatif yang diperlukan dalam penelitian, dan diakhiri dengan melakukan analisa data meliputi analisa teknis dan ekonomi menggunakan data kualitatif dan kuantitatif yang diperoleh dari tahapan survei untuk mengetahui feasibilitas dari hasil penelitian.

### **III.2. Tahapan Penyelesaian**

Sesuai dengan metodologi penelitian Tugas Akhir yang dipilih untuk menyelesaikan penelitian Tugas Akhir ini penulis melalui tiga tahapan, yaitu; menentukan latar belakang, tujuan penelitian, studi literatur, pengumpulan data, pengolahan dan analisa data, dan penarikan kesimpulan dan saran. Berikut ini penjelasan dari tahapan penelitian dari metodologi yang digunakan.

#### **I. Latar Belakang**

Didalam tahapan latar belakang, dijelaskan apa yang melatar belakangi dilakukan penelitian Tugas Akhir. Adapun latar belangan dari penelitian ini yaitu bencana kebakaran hutan dan lahan yang terjadi setiap tahun nya di Provinsi Riau.

#### **II. Studi Literatur**

Pada tahap ini dilakukan studi literatur yang berkaitan dengan permasalahan pada Tugas Akhir ini. Studi literatur dilakukan untuk mendapatkan pengetahuan serta teori-teori yang berkaitan dengan tema dari tugas akhir ini. Studi literatur juga dilakukan terhadap hasil penelitian sebelumnya untuk lebih memahami permasalahan dan pengembangan yang dilakukan. Studi yang dilakukan yaitu mengenai:

- Kebakaran hutan dan lahan

Perlu diketahui bagaimana karakteristik atau sifat kebakaran hutan dan lahan secara umum. Serta perlu diketahui macam-macam sebab dan akibat dari kebakaran hutan dan lahan. Sehingga nanti pada saat proses pemadaman api kebakaran hutan dan lahan berjalan dengan efektif, efisien dan tidak berbahaya.

- Teknis pemadaman kebakaran hutan dan lahan

Literatur mengenai apa saja faktor-faktor yang mempengaruhi proses pemadaman api kebakaran hutan dan lahan. Serta macam-macam dari metode pemadaman api kebakaran hutan dan lahan yang aman, efektif, efisien, dan tidak berbahaya.

- Moda pemadam kebakaran

Perlu diketahui apa saja moda pemadam kebakaran yang telah ada dan inovasi apakah dari moda pemadam kebakaran terbaru.

- Kapal amfibi

Literatur mengenai kapal amfibi diperlukan karena merupakan pokok pikiran dari tugas akhir ini. Perlu diketahui aturan atau *rule* yang mengatur mengenai pembangunan kapal jenis ini.

- Metode desain kapal

Ada beberapa metode dalam proses mendesain kapal yang perlu diketahui dan dapat dijadikan sebagai pertimbangan dalam pemilihan metode mana yang sesuai.

### III. Pengumpulan Data

Pada tahap ini dilakukan pengumpulan data, data yang dimaksud yaitu data yang relevan dan mencakup segala aspek yang berhubungan dalam pengerjaan Tugas Akhir. Data inilah yang akan menjadi patokan dari proses perancangan kapal pemadam kebakaran amphibi ini kedepannya. Data yang dibutuhkan antara lain:

- Data Historis Kebakaran Hutan dan Lahan (Karhutla) di Provinsi Riau

Data ini meliputi kondisi perairan yang dilalui oleh kapal pemadam kebakaran *amphibi* ini. Data perairan yang dibutuhkan antara lain, kedalaman perairan, tinggi gelombang rata-rata, kecepatan angin, serta data mengenai kondisi hutan dan lahan di Provinsi Riau. Data ini dijadikan acuan dalam perhitungan hambatan kapal sehingga power yang diperlukan dapat diketahui.

- Data Kapal Pemanding

Data kapal pemanding diperlukan sebagai referensi untuk menentukan ukuran utama awal kapal. Selain itu, data kapal pemanding juga menjadi faktor utama dalam menentukan ukuran utama dengan menggunakan metode geosim.

#### IV. Analisa Data

Setelah data yang diperlukan sudah terkumpul, kemudian disesuaikan dengan literatur yang sudah dipelajari untuk dilakukan analisis data. Analisis ini dilakukan untuk menentukan *design requirement* meliputi payload, dan luas area coverage..Adapun tahapan dalam analisa data meliputi: analisa teknis dan ekonomis.

- Analisa Teknis, meliputi:

1. Penentuan *payload* kapal

Besar *payload* kapal ditentukan oleh kebutuhan angkut di rute operasional kapal, dimana bisa diketahui melalui data kualitatif dan kuantitatif yang di peroleh melalui survei, kuisisioner, dan wawancara.

2. Penentuan luas *area coverage*

Luas *area coverage* ditentukan oleh intensitas kebakaran hutan dan lahan, dimana bisa diketahui melalui wawancara.

3. Penentuan ukuran utama kapal awal

Penentuan ukuran utama awal dilakukan menggunakan metode geosim.setelah didapatkan ukuran utama awal. Kemudian ukuran awal tersebut disesuaikan dengan batasan perbandingan ukuran utama. Jika nilai perbandingan ukuran utama keluar dari batasan yang disyaratkan, maka ukuran utama kapal dapat diubah-diubah..

Untuk mendesain suatu kapal terdapat langkah-langkah perhitungan untuk menentukan ukuran utama kapal yang akan didesain. Biasanya penentuan ini berdasarkan data-data dari kapal pemanding yang telah ada.

4. Perhitungan berat kapal

Komponen berat kapal terdiri dari LWT berupa berat baja yang digunakan untuk membangun kapal dan perlengkapan permesinan yang ada pada kapal, dan DWT berupa *consumable, payload, dan crew* kapal.

5. Perhitungan tahanan kapal

Melakukan perhitungan besar hambatan kapal pada saat berlayar, dengan mengetahui hambatan yang dialami kapal dan juga efisiensi dari *propeller* yang

direncanakan maka dapat dihitung daya mesin yang dibutuhkan.

6. Perhitungan *trim* dan stabilitas kapal

Perhitungan *trim* merupakan syarat mutlak dalam desain sebuah kapal. Suatu kapal dapat dikatakan layak untuk berlayar jika telah memenuhi beberapa persyaratan, salah satu syarat itu adalah besarnya kondisi *trim* kapal yang terjadi. Suatu kapal dikatakan dalam kondisi baik untuk berlayar jika berada dalam kondisi *even-keel*. Sementara stabilitas merupakan kemampuan suatu benda untuk kembali ke posisi awal seperti sebelum benda tersebut bergerak. Sementara stabilitas merupakan kemampuan suatu benda untuk kembali ke posisi awal seperti sebelum benda tersebut bergerak.

7. Perhitungan lambung timbul

lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. perhitungan lambung timbul biasanya mengacu pada ILLC (*International Load Lines Convention, 1966 on London*). Sedangkan untuk kapal kecil kurang dari 24m menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged*.

8. Membuat rencana garis

Rencana garis adalah gambar potongan melintang, memanjang dan diagonal kapal yang dilihat dari samping, depan, atas dan digambarkan dalam bentuk garis. Ada beberapa metode dalam pembuatan rencana garis kapal, seperti metode NSP diagram, Form data, schelterna de here atau series 60. Beberapa gambar yang ada dalam rencana garis seperti: *Body Plan, Sheer Plan, Half Breadth Plan, Water Lines, Base Lines, Load Lines, Bottock Lines, Sent Line*.

9. Membuat rencana umum

Rencana umum dibuat berdasarkan *lines plan* yang telah dibuat sebelumnya. Dengan melihat rencana garis secara garis besar bentuk badan kapal akan terlihat, sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing.

- Analisa Ekonomis, meliputi

1. Perhitungan biaya pembangunan kapal

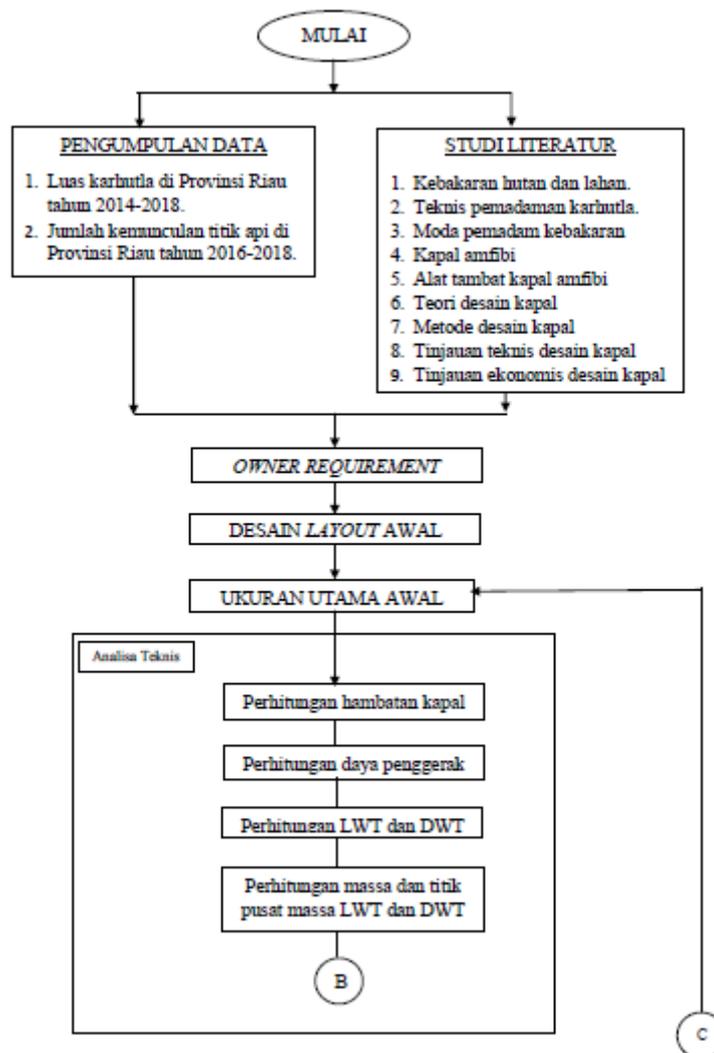
Perhitungan biaya pembangunan kapal meliputi: Biaya pembangunan komponen baja (*structural weight cost*), Biaya permesinan (*machinery cost*), dan Biaya peralatan dan perlengkapan (*hull outfitting cost*).

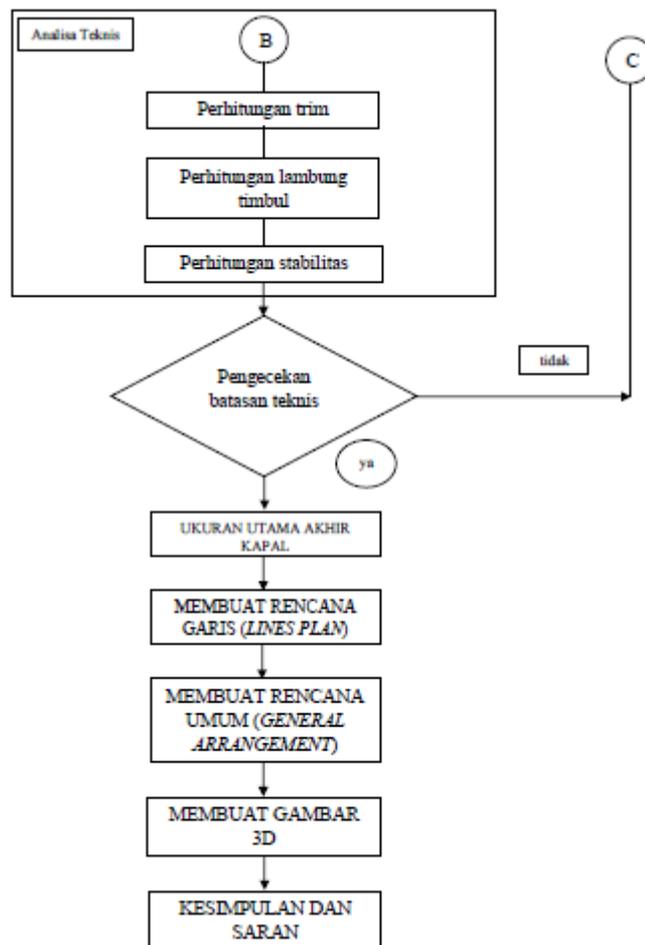
## V. Kesimpulan dan Saran

Setelah semua tahapan selesai dilaksanakan, kemudian ditarik kesimpulan dari analisa dan perhitungan. Kesimpulan 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.

### III.3. Bagan Alir

Adapun bagan alir metode penelitian Tugas Akhir ini, bisa dilihat pada Gambar III.1 dan Gambar III.1 sebagai berikut:





Gambar III.1. Diagram alir

## BAB IV TINJAUAN DAERAH OPERASIONAL

### IV.1. Tinjauan Umum Provinsi Riau

Provinsi Riau adalah sebuah provinsi di Indonesia yang terletak di bagian tengah pulau Sumatera. Provinsi ini terletak di bagian tengah pantai timur Pulau Sumatera yaitu di sepanjang pesisir Selat Melaka. Provinsi Riau terletak pada  $1^{\circ} 15' \text{LS}$  hingga  $-4^{\circ}45' \text{LU}$  dan  $100^{\circ} 03'$  hingga  $109^{\circ} 19' \text{BT}$ . Batas-batas geografis Provinsi Riau meliputi: sebelah Utara berbatasan dengan Provinsi Kepulauan Riau dan Selat Melaka, di sebelah Selatan berbatasan dengan Provinsi Jambi dan Selat Berhala, di sebelah timur berbatasan dengan Laut Cina Selatan dan di sebelah Barat berbatasan dengan Provinsi Sumatera Barat dan Sumatera Utara. Provinsi Riau memiliki 12 Kabupaten/ Kota, diantaranya adalah: Kota Pekanbaru, Kota Dumai, Kab Bengkalis, Kab Indragiri Hulu, Kab Indragiri Hilir, Kab Kampar, Kab Kuantan Singingi, Kab Pelalawan, Kab Rokan Hulu, Kab Rokan Hilir, Kab Siak, dan Kab Meranti.

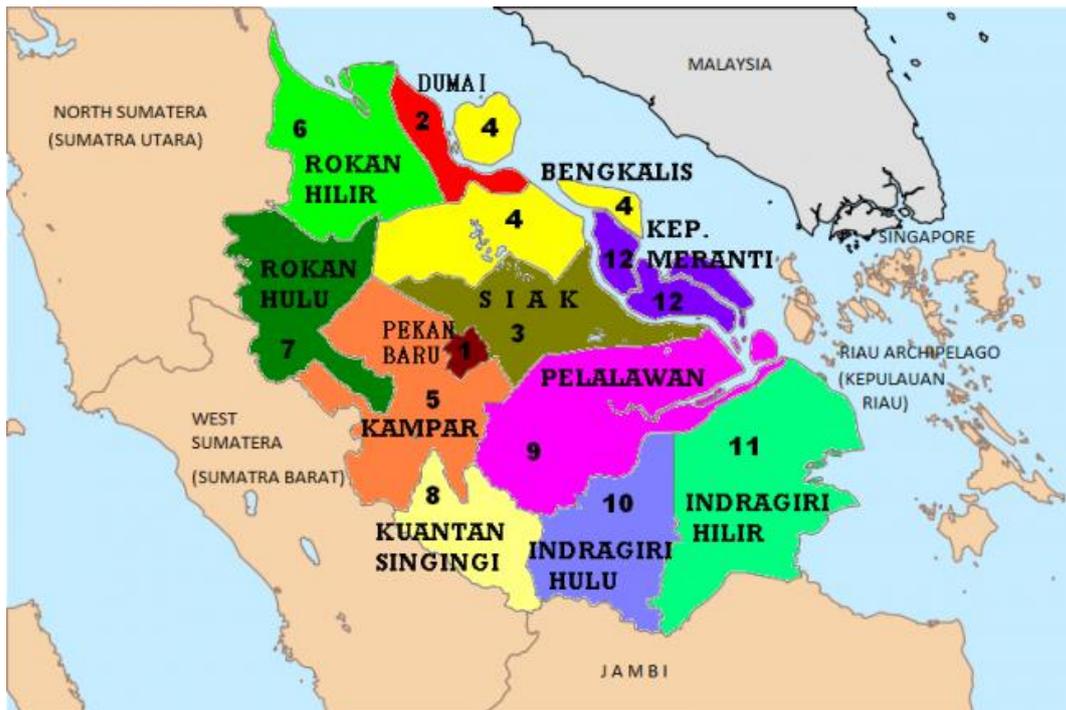


(Sumber: wartawisata.id)

Gambar IV.1. Letak geografis Provinsi Riau

Ibukota Provinsi Riau adalah Kota Pekanbaru, ditinjau dari luas wilayahnya Provinsi Riau memiliki luas wilayah sebesar 87.023,66 km<sup>2</sup>. Riau saat ini merupakan salah satu provinsi terkaya di Indonesia, dan sumber dayanya didominasi oleh sumber alam, terutama minyak bu-

mi, gas alam, karet, kelapa sawit dan perkebunan serat. Jumlah penduduk Provinsi Riau berdasarkan data Badan Pusat Statistik Provinsi Riau tahun 2016 sebesar 5.921.987 jiwa. Kabupaten/Kota yang memiliki jumlah penduduk terbanyak adalah Kota Pekanbaru dengan jumlah penduduk 888.298 jiwa, sedangkan Kabupaten/Kota dengan jumlah penduduk terkecil adalah Kabupaten Kepulauan Meranti yakni sebesar 177.660 jiwa. Adapun peta wilayah administratif Provinsi Riau bisa dilihat pada Gambar IV.2.



(Sumber: Detakriaunews.com)

Gambar IV.2. Wilayah administratif Provinsi Riau

#### IV.2. Hutan Lahan Gambut Provinsi Riau

Propinsi Riau merupakan wilayah yang memiliki lahan gambut terluas di Sumatra, yaitu sebesar 4,044 juta ha (56,1 % dari luas lahan gambut Sumatra atau 45% dari luas daratan Propinsi Riau). Kandungan karbon tanah gambut di Riau tergolong yang paling tinggi di seluruh Sumatra bahkan se-Asia Tenggara. Secara ekologis, ekosistem lahan gambut menjadi habitat berbagai jenis tumbuhan dan satwa liar. Gambut banyak ditemukan di daerah rawa karena tanah gambut merupakan tanah yang sering ditemukan di daerah yang relatif memiliki kandungan air, karena keistimewaannya gambut sangat efektif dalam pengembangan sektor pertanian dan perkebunan.

Tanah gambut tropis salah satunya di Provinsi Riau memiliki keistimewaan yaitu mengandung lapisan gambut yang tebal dengan ketebalan lapisan antara 8-15 meter. Ketebalan tersebut lebih tinggi dibandingkan angka rata-rata pada tanah gambut di daerah dingin. Hutan rawa gambut di Provinsi Riau berkali-kali mengalami kebakaran, baik itu secara alami atau karena kesengajaan. Hal tersebut menyebabkan beberapa lapisan di dalam lapisan gambut telah mengalami karbonisasi, sehingga mudah tersulut kebakaran. Pada hutan rawa gambut yang masih alami, hutan tersebut memiliki level air tanah yang tinggi baik itu saat musim kemarau maupun penghujan. Sehingga bila terjadi kebakaran hanya akan membakar pepohonan dan little layer (lapisan dari guguran daun, guguran ranting). Akan tetapi karena karena buruknya tata kelola hutan, banyak kawasan hutan rawa gambut di Provinsi Riau yang mengalami degradasi yang cukup parah sehingga mudah menyulut kebakaran hutan terutama saat musim kemarau kering.

Seiring semakin berkurangnya hutan lahan kering dataran rendah Riau, hutan rawa gambut kini benar benar terancam. Tutupan hutan alam lahan/rawa gambut di Provinsi Riau pada tahun masih 2002 masih 2,280,198 ha. Namun pada tahun 2016 hutan rawa gambut di Propinsi ini hanya 1,603,008 ha. Saat ini diperkirakan lahan gambut yang telah terdegradasi sekitar 2.313.561 hektar atau 59,54% dari total luas lahan gambut di Provinsi Riau. Sementara isanya sekitar 1.037.020 hektar dari lahan tersebut dimanfaatkan untuk budidaya tanaman seperti kelapa sawit, tanaman pangan dan hortikultura. Mengacu kepada potensi luas hutan lahan gambut, Provinsi Riau mutlak perlu perbaikan sistem tata kelola kehutanan agar lahan gambut yang terdegradasi tidak menyebar ke area rawa gambut sehingga siklus bencana kebakaran hutan yang terjadi setiap tahun dalam beberapa tahun belakangan bisa diminimalkan.

#### **IV.2.1. Kebakaran Hutan di Provinsi Riau**

Untuk memahami fenomena kebakaran hutan dan lahan, serta perkebunan ada baiknya melihat kejadian kebakaran dibanyak daerah dan negara. Untuk mengetahui sejauhmana disiplin masyarakat dan kemampuan antisipatif pemerintah dapat mempengaruhi kejadian kebakaran hutan dan lahan. Kejadian kebakaran hutan/lahan di Amerika Serikat, Kawasan Eropa dibandingkan dengan Indonesia dalam 5 tahun terakhir mengonfirmasi banyak hal yang bisa dilihat pada Tabel IV.1.

Tabel IV.1. Perbandingan luas karhutla di Amerika Serikat, Kawasan Eropa, dan Indonesia

Negara	Tahun					Rata-Rata
	2014	2015	2016	2017	2018	
Amerika Serikat	3.600.000	10.130.000	5.510.000	10.000.000	8.800.000	7.608.000
Indonesia	44.411	2.611.411	438.363	165.483	510.564	754.046
Kawasan Eropa	136.114	227.410	107.906	229.026	0,00	175.114

Dari Tabel IV.1 sebagaimana kebakaran hutan/lahan terjadi di negara-negara lain, secara nasional luas kebakaran hutan/lahan menunjukkan kecenderungan meningkat dari tahun ke tahun. Pada tahun 2014 luas kebakaran hutan/lahan di Indonesia sebesar 44.411 ha, tahun 2018 meningkat menjadi 510.564 ha. Peningkatan luas kebakaran hutan/lahan tersebut menunjukkan bahwa ada yang perlu dibenahi dalam tata kelola hutan. Kebakaran hutan/lahan bukanlah spesifik lokasi dan bukan spesifik ekosistem termaksud hutan/lahan gambut, pada hutan/lahan mineral pun kebakaran hutan sering terjadi seperti di Amerika Serikat dan Kawasan Eropa.

Riau merupakan salah satu provinsi di Indonesia dengan persoalan lingkungan hidup yang cukup kompleks khususnya persoalan laju kerusakan hutan dan ekosistem gambut akibat karhutla (kebakaran hutan lahan) gambut. Karhutla gambut di Provinsi Riau tercatat sebagai penyumbang lima terbesar bencana yang terjadi di Indonesia. Provinsi Riau merupakan wilayah yang memiliki lahan gambut yang terluas di Sumatera 4,044 juta ha (56,1% dari luas lahan gambut Sumatera atau 45% dari luas daratan provinsi Riau). Mengutip dari olahan data spasial yang dilakukan WALHI Riau, diketahui bahwa hingga tahun 2012 sebanyak  $\pm 1,5$  juta hektar hutan lahan gambut telah beralih fungsi peruntukannya sebagai HGU maupun Hutan Tanaman Industri.

Provinsi Riau merupakan salah satu provinsi dengan kejadian bencana karhutla terbesar di Indonesia. Tingginya intensitas kebakaran hutan di provinsi ini salah satunya disebabkan oleh buruknya sistem tata kelola kehutanan yang menyebabkan meluasnya degradasi hutan. Ironisnya sektor kehutanan tulang punggung perekonomian dari provinsi ini, sehingga besar/kecilnya intensitas kerusakan hutan sangat mempengaruhi produktivitas masyarakat. Sektor kehutanan erat kaitannya dengan pertanian dan perkebunan dalam hal ini aktivitas pembukaan lahan dalam usaha pertanian rakyat, usaha perkebunan skala besar dan kecil. Menjamurnya sektor usaha berbasis kehutanan menjadi penyebab degradasi hutan semakin tak terkendali. Kebakaran hutan selalu diawali dengan kemunculan titik api pada *area* hutan/lahan,

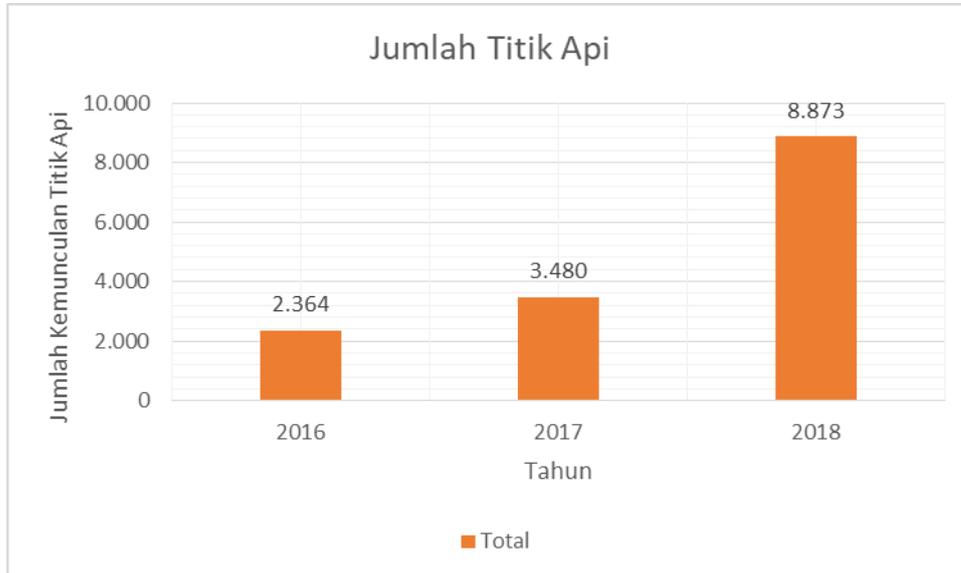
jumlah kemunculan titik api di Provinsi Riau tergolong tinggi dibandingkan dengan provinsi lain di Sumatera. Adapun jumlah kemunculan titik api kebakaran hutan yang terjadi di sebagian besar provinsi di Indonesia bisa dilihat pada Tabel IV.2

Tabel IV.2. Perbandingan jumlah kemunculan titik api terbanyak di Indonesia

No	Provinsi	Tahun		
		2016	2017	2018
1	Nusa Tenggara Timur	403	1.075	1.339
2	Kalimantan Barat	618	295	1.483
3	Papua	62	420	1.618
4	Kalimantan Tengah	110	161	1.040
5	Nusa Tenggara Barat	58	374	643
6	Riau	363	49	327
7	Sulawesi Selatan	180	178	314
8	Kalimantan Selatan	30	122	471
9	Kalimantan Timur	83	112	319
10	Sumatera Selatan	116	135	235
11	Jawa Timur	30	179	248
12	Sulawesi Tenggara	40	95	215
13	Sumatera Utara	133	56	36
14	Maluku	34	56	113
15	Lampung	29	29	126
16	Jawa Barat	2	50	109
17	Jambi	26	27	61
18	Jawa Tengah	2	31	65
19	Aceh	33	19	17
20	Gorontalo	7	16	51
21	Sulawesi Utara	5	1	43
Jumlah		2.364	3.480	8.873
Rata-Rata		113	116	423

(Sumber; Siponga KemenLH, 2018)

Dari Tabel IV.2 diketahui bahwa kemunculan titik api kebakaran hutan terdeteksi di 21 provinsi, Adapun provinsi dengan jumlah kemunculan titik api paling banyak yaitu Provinsi Nusa Tenggara Timur dengan jumlah titik panas di tahun 2016-2018 sebanyak 2.817 titik dan rata-rata jumlah titik api sebanyak 939 titik. Tingginya jumlah titik panas di provinsi Nusa Tenggara Timur salah satunya disebabkan karena cuaca kering sepanjang tahun di provinsi tersebut. Provinsi dengan jumlah kemunculan titik api terbanyak selanjutnya yaitu Provinsi Kalimantan Barat dengan jumlah titik panas di tahun 2016-2018 sebanyak 2.396 titik dan rata-rata jumlah titik api sebanyak 799 titik. Provinsi dengan jumlah kemunculan titik api terbanyak di urutan ketiga yaitu Provinsi Papua dengan jumlah titik panas di tahun 2016-2018 sebanyak 2.100 titik dan rata-rata jumlah titik api sebanyak 700 titik. Sementara itu Provinsi Riau berada di urutan keenam dengan jumlah titik panas di tahun 2016-2018 sebanyak 739 titik dan rata-rata jumlah titik api sebanyak 246 titik. Secara umum jumlah kemunculan titik api kebakaran hutan di Indonesia pada tahun 2016 sebanyak 2.364 titik api dengan rata-rata jumlah titik api sebanyak 113 titik api, tahun 2017 sebanyak 3.480 titik api dengan rata-rata jumlah titik api sebanyak 116 titik api, dan tahun 2018 sebanyak 8.873 titik api dengan rata-rata jumlah titik api sebanyak 423 titik api. Adapun tren jumlah kemunculan titik api bisa dilihat pada Gambar IV.3



Gambar IV.3. Tren kemunculan titik api

Kebakaran hutan terjadi hampir diseluruh provinsi di Indonesia, kebakaran hutan yang terburuk dialami oleh Indonesia terjadi di tahun 2015-2016, ditahun tersebut kebakaran hutan sampai ditetapkan sebagai bencana kebakaran hutan nasional karena menyebabkan bencana kabut asap di beberapa provinsi. Ditinjau dari luas area kebakaran hutan, adapun luas area

kebakaran hutan yang terjadi di sebagian besar provinsi di Indonesia bisa dilihat pada Tabel IV.3

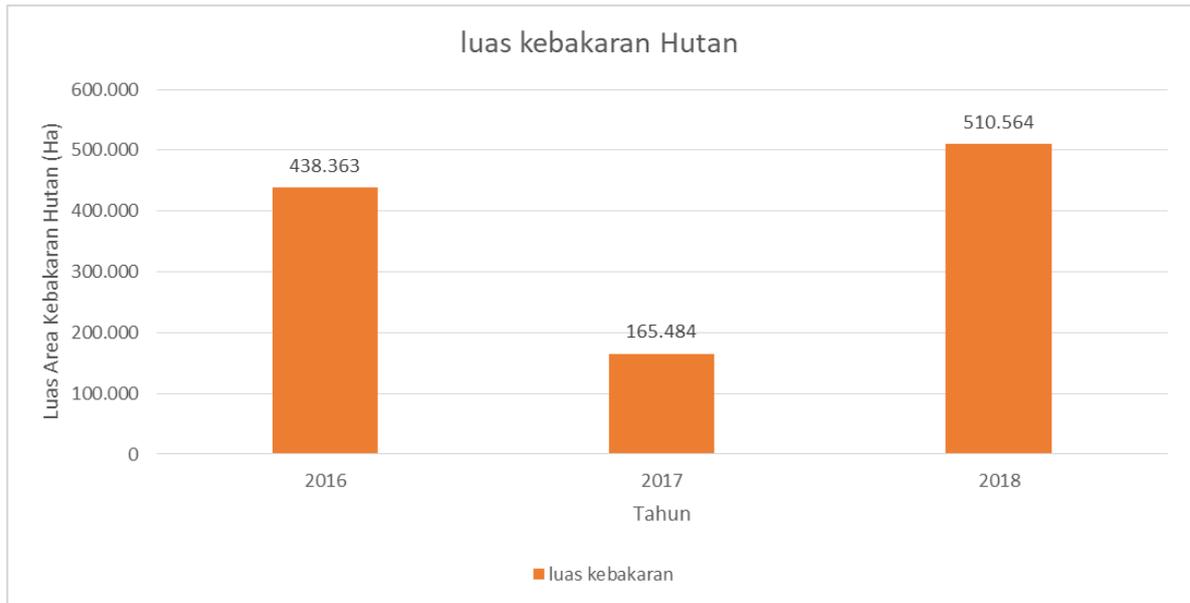
Tabel IV.3. Luas kebakaran hutan dan lahan terbesar di Indonesia

No	Provinsi	Tahun			Jumlah
		2016	2017	2018	
1	Papua	186.572	28.767	87.677	303.016
2	Riau	85.220	6.866	37.221	129.306
3	Kalimantan Selatan	2.332	8.290	98.638	109.260
4	Nusa Tenggara Timur	8.968	38.326	55.208	102.502
5	Kalimantan Barat	9.174	7.467	68.311	84.953
6	Kalimantan Timur	43.137	676	26.606	70.419
7	Kalimantan Tengah	6.148	1.744	41.521	49.414
8	Nusa Tenggara Barat	706	33.121	14.352	48.179
9	Sumatera Utara	33.029	768	3.679	37.475
10	Maluku	7.835	3.918	14.131	25.884
11	Sumatera Selatan	8.785	3.626	13.020	25.430
12	Lampung	3.201	6.178	14.964	24.343
13	Sulawesi Tengah	11.744	1.310	3.891	16.946
14	Aceh	9.158	3.865	1.285	14.308
15	Jawa Timur	-	5.116	7.280	12.396
16	Sulawesi Tenggara	72	3.314	8.121	11.507
17	Jambi	8.281	109	1.391	9.781
18	Sumatera Barat	2.630	2.227	2.422	7.279
19	Jawa Tengah	-	6.028	332	6.360
20	Sulawesi Barat	4.134	188	978	5.300
21	Jawa Barat	-	648	4.105	4.753
22	Sulawesi Selatan	438	1.036	1.741	3.215

No	Provinsi	Tahun			Jumlah
		2016	2017	2018	
23	Kalimantan Utara	2.107	82	626	2.815
24	Sulawesi Utara	2.240	103	125	2.469
25	Bangka Belitung	-	-	2.056	2.056
26	Papua Barat	542	1.156	121	1.819
27	Bengkulu	1.000	131	9	1.140
28	Banten	-	-	-	0
29	Gorontalo	738	-	159	897
30	Bali	-	371	207	577
31	Kep. Riau	67	20	321	408
32	Maluku Utara	103	31	70	204
33	DKI Jakarta	-	-	-	0
34	Yogyakarta	-	-	-	0
Total		438.363	165.484	510.564	87.285
Rata-Rata		16.860	5.706	16.470	

(Sumber;Siponga KemenLH, 2018)

Dari Tabel IV.3 diketahui luas kebakaran hutan 34 Provinsi di Indonesia. Adapun provinsi dengan luas area kebakaran hutan paling besar yaitu Provinsi Papua dengan jumlah luas kebakaran hutan di tahun 2016-2018 sebesar 303.016 ha. Provinsi dengan luas area kebakaran hutan terbesar selanjutnya yaitu Provinsi Riau dengan jumlah luas kebakaran hutan di tahun 2016-2018 sebesar 129.306 ha. Provinsi dengan luas area kebakaran hutan terbesar di urutan ketiga yaitu Provinsi Kalimantan Selatan dengan jumlah luas kebakaran hutan di tahun 2016-2018 sebesar 109.260 ha. Secara umum luas kebakaran hutan di Indonesia pada tahun 2016 sebanyak 438.363 hektar dengan rata-rata luas area kebakaran hutan sebesar 16.860 hektar, tahun 2017 sebanyak 165.484 hektar dengan rata-rata luas area kebakaran hutan sebesar 5.706 hektar, dan tahun 2018 sebanyak 510.564 hektar dengan rata-rata luas area kebakaran hutan sebesar 16.470 hektar. Adapun tren luas area kebakaran hutan bisa dilihat pada Gambar IV.4.



Gambar IV.4. Tren luas kebakaran hutan

Ditinjau dari luas area kebakaran hutan adapun untuk mengetahui persentase provinsi dengan kebakaran hutan terbesar bisa dilihat pada Gambar IV.5.

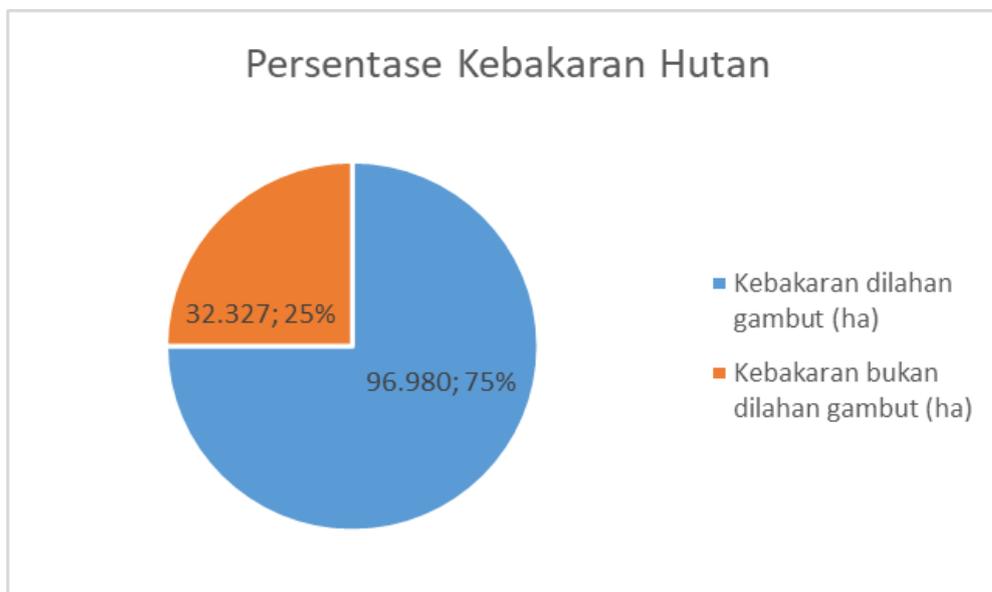


Gambar IV.5. Persentase luas kebakaran hutan Tiap Provinsi

Dari Gambar IV.5 diketahui persentase luas area kebakaran hutan pada 34 Provinsi di Indonesia adapun persentase kebakaran hutan terbesar yaitu Provinsi Papua dengan persentase luas kebakaran hutan terbesar yaitu sebesar 28 persen, berikutnya diikuti oleh Provinsi Riau dengan

persentase sebesar 12 persen, dan Kalimantan Selatan dengan persentase luas kebakaran hutan sebesar 10 persen.

Sepanjang tahun 2016-2018 luas kebakaran hutan di Provinsi Riau yang terdata di Kementerian LH terdeteksi sebesar 129.306 ha. Dalam periode tersebut 70% titik api berada dilahan gambut, sementara 30% sisanya titik api tidak dilahan gambut. Dari jumlah intensitas kebakaran, 25% kebakaran dilahan gambut merupakan kebakaran dibawah 1 hektar dan 75% kebakaran lebih 1 hektar. Adapun persentase titik api kebakaran hutan Provinsi Riau bisa dilihat pada Gambar IV.6



(Sumber; Siponga KemenLH, 2018)

Gambar IV.6. Persentase lokasi titik api kebakaran hutan di Provinsi Riau

Lebih lanjut bahwa kebakaran hutan terjadi diseluruh kabupaten/kota Provinsi Riau, hal tersebut menunjukkan bahwa perekonomian pada provinsi tersebut sangat bertumpu pada sektor kehutanan. Namun karena tatak kelola kehutanan yang buruk dari pihak-pihak terkait menyebabkan bencana kebakaran hutan berulang terjadi setiap tahunnya. Adapun jumlah kemunculan titik api tiap kabupaten/kota di Provinsi Riau bisa dilihat pada Tabel IV.4

Tabel IV.4. Jumlah kemunculan titik Api di Kabupaten/Kota Provinsi Riau

No	Kabupaten/Kota	Tahun			Jumlah
		2016	2017	2018	
1	Dumai	62	2	40	104
2	Indragiri Hulu	46	17	32	95
3	Rokan Hilir	57	3	31	91
4	Indragiri Hilir	38	8	27	73
5	Bengkalis	29	1	43	73
6	Pelalawan	19	8	41	68
7	Siak	18	4	41	63
8	Kuantan Singingi	22	-	20	42
9	Pekanbaru	20	3	12	35
10	Rokan Hulu	19	-	14	33
11	Kampar	18	1	12	31
12	Kepulauan Meranti	15	2	14	31
Jumlah		363	49	327	
Rata-rata		30	4	27	

(Sumber;Siponga KemenLH, 2018)

Dari Tabel IV.4 Adapun kabupaten/kota dengan jumlah kemunculan titik api paling banyak di tahun 2016-2018 yaitu Dumai dengan jumlah kemunculan titik api sebanyak 104 titik. Selanjutnya yaitu Indragiri Hulu dengan jumlah kemunculan titik api di tahun 2016-2018 sebanyak 95 titik, dan diurutan ketiga sebagai kota/kabupaten dengan jumlah kemunculan titik api terbanyak yaitu Rokan Hilir dengan jumlah kemunculan titik api di tahun 2016-2018 sebanyak 91 titik. Secara total jumlah kemunculan titik api ditahun 2016 sebanyak 363 titik dengan rataan jumlah titik api sebanyak 30 titik api, ditahun 2017 sebanyak 49 titik dengan rataan jumlah titik api sebanyak 4 titik api, dan ditahun 2018 sebanyak 327 titik dengan rataan jumlah titik api sebanyak 27 titik api. Untuk mengetahui hubungan jumlah kemunculan titik api dengan luas area hutan yang terbakar, ada baiknya melihat luas kebakaran hutan yang terjadi di tiap kabupaten/kota Provinsi Riau. Adapun luas kebakaran hutan tiap kabupaten/kota di Provinsi Riau bisa dilihat pada Tabel IV.5

Tabel IV.5. Perbandingan luas kebakaran hutan di tiap kabupaten/kota Provinsi Riau

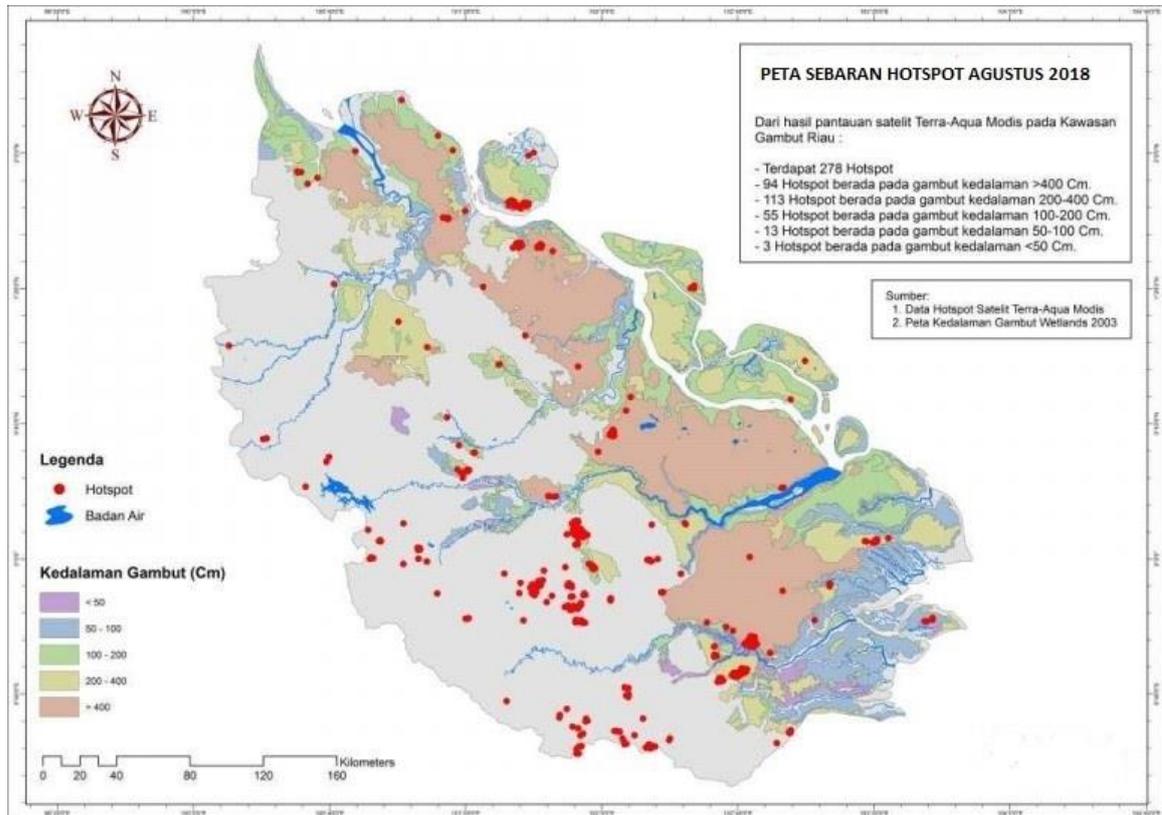
No	Kabupaten/Kota	Luas kebakaran hutan (Hektar)			Jumlah
		2016	2017	2018	
1	Dumai	14.555,40	280,25	4.553,00	19.388,64
2	Rokan Hilir	13.381,58	420,37	3.528,57	17.330,52
3	Indragiri Hulu	10.799,17	2.382,11	3.642,40	16.823,68
4	Indragiri Hilir	8.921,05	1.120,99	3.073,27	13.115,32
5	Bengkalis	6.808,17	140,12	4.894,47	11.842,76
6	Pelalawan	4.460,53	1.120,99	4.666,82	10.248,34
7	Siak	4.225,76	560,50	4.666,82	9.453,08
8	Kuantan Singingi	5.164,82	0,00	2.276,50	7.441,32
9	Pekanbaru	4.695,29	420,37	1.365,90	6.481,56
10	Rokan Hulu	4.460,53	0,00	1.593,55	6.054,07
11	Kampar	4.225,76	140,12	1.365,90	5.731,78
12	Kepulauan Meranti	3.521,47	280,25	1.593,55	5.395,26
Jumlah		85.219,51	6.866,09	37.220,74	
Rata-rata		7.101,63	572,17	3.101,73	

(Sumber;Siponga KemenLH, 2018)

Dari Tabel IV. 5 diketahui hubungan luas kebakaran hutan dengan jumlah kemunculan titik api ( Tabel IV.4). Sebelumnya disebutkan kabupaten/kota dengan jumlah kemunculan titik api terbanyak yaitu Dumai, Indragiri Hulu, dan Rokan Hilir. Adapun Kota/Kabupaten dengan luas kebakaran hutan terluas yaitu Dumai dengan luas kebakaran hutan di tahun 2016-2018 sebesar 19.388,64 ha, berikutnya yaitu Rokan Hilir dengan luas kebakaran hutan di tahun 2016-2018 sebesar 17.330,52 ha, dan Indragiri Hulu dengan luas kebakaran hutan di tahun 2016-2018 sebesar 16.823,68 ha. Secara umum luas kebakaran hutan pada 12 kota/kabupaten Provinsi Riau di tahun 2016 sebesar 85.219,51 ha dengan rata-rata luas lahan yang terbakar sebesar 7.101,63, tahun 2017 sebesar 6.866,09 ha dengan rata-rata luas lahan yang terbakar sebesar 572,17 ha, dan tahun 2018 sebesar 37.220,74 ha dengan rata-rata luas lahan yang terbakar sebesar 3.101,73 ha.

Kebakaran hutan di Provinsi Riau terjadi sepanjang tahun dengan intensitas yang bervariasi. Umumnya puncak kebakaran hutan terjadi di pertengahan tahun antara bulan Juli-

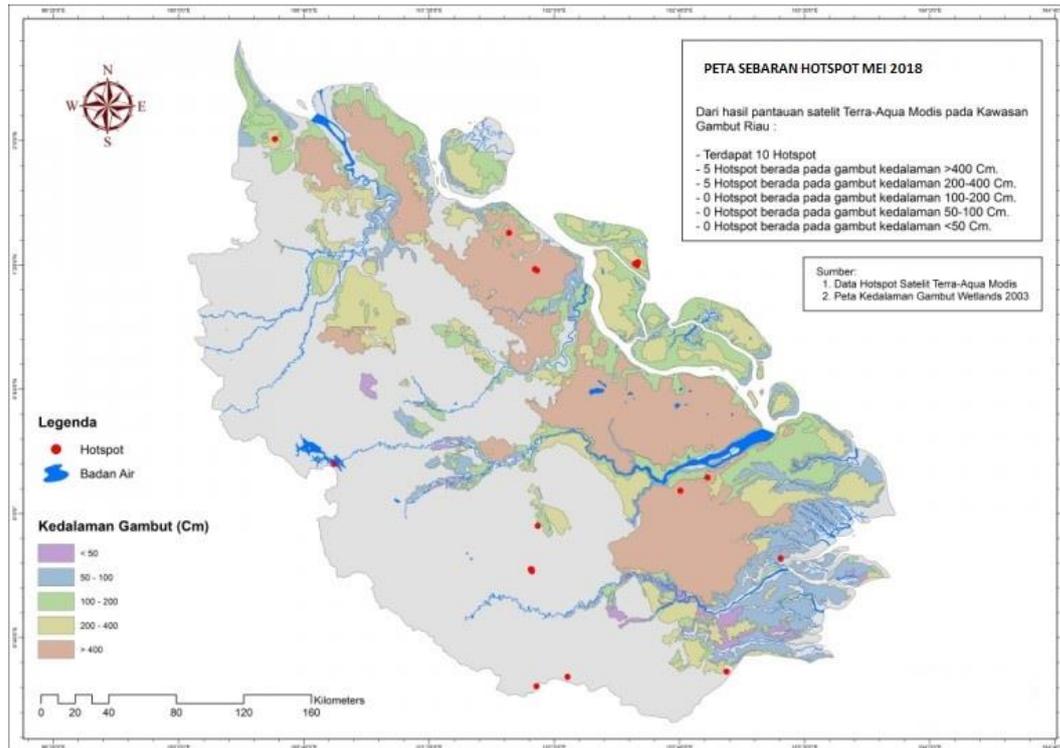
September. Pada bulan-bulan tersebut biasanya puncak dari musim kemarau kering terjadi dan menyebabkan kebakaran hutan. Seperti yang ditunjukkan pada Gambar IV.7 berikut.



(Sumber: BMKG, 2018)

Gambar IV.7. Peta sebaran kemunculan titik panas kebakaran hutan Agustus 2018

Dari Gambar IV.7 terpantau jumlah kemunculan titik api pada bulan Agustus 2018 ketika musim puncak kebakaran hutan di Provinsi Riau, jumlah kemunculan titik api di bulan tersebut terpantau cukup banyak. Berdasarkan peta tersebut total kemunculan titik api pada bulan Agustus 2018 ada sebanyak 278 titik. Lebih lanjut kemunculan titik api dilahan gambut pada kedalaman <50 cm ditemukan sebanyak 3 titik api, pada kedalaman 50 – 100 cm ditemukan sebanyak 13 titik api, pada kedalaman 100 – 200 cm ditemukan sebanyak 55 titik api, pada kedalaman 200 – 400 cm ditemukan sebanyak 113 titik api dan pada kedalaman >400 cm ditemukan sebanyak 94 titik api. Sementara itu perbandingan jumlah kemunculan titik api saat tidak dimusim puncak bisa dilihat pada Gambar IV.8.



(Sumber: BMKG, 2018)

Gambar IV.8. Peta sebaran kemunculan titik panas kebakaran hutan Mei 2018

Dari Gambar IV.8 jumlah titik panas yang terpantau pada bulan Mei 2018 saat bukan puncak musim kebakaran hutan ada sebanyak 10 titik. Lebih lanjut kemunculan titik api dilahan gambut pada kedalaman 200-400 ditemukan sebanyak 5 titik dan pada kedalaman >400 ditemukan sebanyak 5 titik. Sangat kontras apabila dibandingkan dengan bulan Agustus 2018 (Gambar IV.7) saat bulan-bulam puncak musim kebakaran hutan. Kebakaran hutan di Provinsi Riau terjadi di seluruh kabupaten/kota dengan karakteristik yang berbeda-beda, dan tersebar di sebagian besar kawasan hutan yang ada di Provinsi Riau. Salah satu hambatan dalam menanggulangi kebakaran hutan di Provinsi Riau adalah akses menuju lokasi kebakaran hutan, karena sebagian lokasi kebakaran hutan minim akses jalan untuk kendaraan seperti pada area dengan kontur berbukit dipegunungan, dan area hutan rawa di pesisir laut dan sungai. Mengutip dari siponga KemenLH setidaknya ada sekitar 5% area kebakaran hutan terjadi dikawasan rawa gambut. Adapun luas kebakaran hutan pada area tersebut bisa dilihat pada Tabel IV.6

Tabel IV.6. Tren Luas kebakaran hutan di kawasan rawa gambut di Provinsi Riau

No	Kabupaten/Kota	Tahun (ha)			Jumlah (ha)
		2016	2017	2018	
1	Dumai	728	14	228	969
2	Rokan Hilir	669	21	176	867
3	Indragiri Hulu	540	119	182	841
4	Indragiri Hilir	446	56	154	656
5	Bengkalis	340	7	245	592
6	Pelalawan	223	56	233	512
7	Siak	211	28	233	473
8	Kuantan Singingi	258	-	114	372
9	Pekanbaru	235	21	68	324
10	Rokan Hulu	223	0	80	303
11	Kampar	211	7	68	287
12	Kepulauan Meranti	176	14	80	270
Jumlah		4.261	343	1.861	6.465
Rata-rata		355	34	155	

(Sumber;Siponga KemenLH, 2018)

Dari Tabel IV.6 diketahui bahwa setiap kota/kabupaten di Provinsi Riau mempunyai kawasan rawa gambut sayangnya yang setiap tahun mengalami musibah bencana kebakaran hutan. Adapun kabupaten/kota dengan luas kebakaran hutan terbesar di kawasan rawa gambut yaitu pertama Kota/Kabupaten Dumai dengan luas kebakaran hutan di kawasan rawa gambut tahun 2016-2018 sebesar 969 ha, selanjutnya Kabupaten Rokan Hilir dengan luas kebakaran hutan di kawasan rawa gambut tahun 2016-2018 sebesar 867 ha, dan Kabupaten Indragiri Hulu dengan luas kebakaran hutan di kawasan rawa gambut tahun 2016-2018 sebesar 841 ha. Secara umum total luas kebakaran hutan pada kawasan rawa gambut di 12 kota/kabupaten Provinsi Riau di tahun 2016 sebesar 6.465 ha dengan rata-rata luas area kebakaran hutan sebesar 355 ha, tahun 2017 sebesar 343 ha dengan rata-rata luas area kebakaran hutan sebesar 155 ha, dan tahun 2018 sebesar 1.861 ha dengan rata-rata luas area kebakaran hutan sebesar 155 ha.

Dari data histori tersebut lokasi operasional kapal pemadam amfibi ditetapkan di Provinsi Riau, melihat tren kebakaran hutan pada provinsi tersebut tergolong sangat tinggi. Adapun tren kebakaran hutan di Provinsi Riau bisa dilihat pada Gambar IV.9



Gambar IV.9. Tren kebakaran hutan di Provinsi Riau

Dari Gambar IV.9 diketahui bahwa tren kebakaran hutan di Provinsi Riau cenderung menurun adapun di tahun 2016 luas area kebakaran hutan sebesar 85.219 ha, tahun 2018 luas area kebakaran hutan menjadi sebesar 68.648 ha. Meskipun trennya mengalami penurunan namun intensitas kebakaran hutan di Provinsi Riau tergolong sangat tinggi jika dibandingkan dengan provinsi-provinsi lainnya di Indonesia (lihat Tabel IV.3).

Selama ini kebakaran hutan selalu dikaitkan dengan kawasan hutan produksi, mengingat setiap kabupaten di Provinsi Riau memiliki kawasan hutan produksi dan sektor kehutanan menjadi tulang punggung perekonomian. adapun luas area hutan produksi di tiap kabupaten/kota Provinsi Riau bisa dilihat pada Tabel IV.7

Tabel IV.7. Luas kawasan hutan produksi di tiap kabupaten Provinsi Riau

No	Kabupaten/Kota	Luas Area Hutan		
		HP	HPT	Total
1	Pelalawan	438,764	245,839	684,603
2	Rokan Hilir	276,385	138,739	415,124
3	Bengkalis	212,767	194,714	407,481

No	Kabupaten/Kota	Luas Area Hutan		
		HP	HPT	Total
4	Siak	188,188	215,229	403,417
5	Kampar	41,027	316,078	357,105
6	Indragiri Hilir	217,635	54,731	272,366
7	Indragiri Hulu	54,914	160,087	215,001
8	Rokan Hulu	51,592	134,772	186,364
9	Kepulauan Meranti	-	152,878	152,878
10	Kuantan Singingi	41,209	85,936	127,145
11	Dumai	145,841	1,288	147,129
12	Pekanbaru	-	15,024	15,024

(Sumber; Dinas Kehutanan Provinsi Riau, 2013)

Dari Tabel IV.7 diketahui bahwa setiap kabupaten di Provinsi Riau memiliki area hutan produksi, adapun Kabupaten Pelalawan menjadi kabupaten dengan luas area hutan produksi terluas dengan luas area hutan sebesar 684,603 hektar. Berikutnya Kabupaten Rokan Hilir dengan luas area hutan sebesar 415,124 hektar, dan Kabupaten Bengkalis dengan luas area hutan sebesar 415,124 hektar. Sedangkan kabupaten/kota dengan jumlah area hutan produksi paling kecil dibandingkan dengan kabupaten/kota lain di Provinsi Riau yaitu Pekanbaru dengan jumlah area hutan produksi sebesar 15,024 hektar.

Sementara untuk lokasi operasional kapal ditetapkan di Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Kabupaten Pelalawan dipilih karena  $\pm$  80 persen dari luas area hutan yang dimiliki telah beralih fungsi menjadi hutan produksi, disamping itu area hutan produksi di Kabupaten Pelalawan terbilang paling luas dibandingkan dengan kabupaten lain di Provinsi Riau. Sehingga potensi bencana kebakaran hutan cukup besar, adapun selama ini kejadian kebakaran hutan selalu dikaitkan dengan area hutan produksi karena sebagian besar kejadian kebakaran terjadi pada kawasan tersebut. Sehingga dari justifikasi tersebut Kabupaten Pelalawan sangat potensial menjadi daerah operasional kapal pemadam amfibi.



(Sumber: Dokumentasi BPBD Kab/Kota Pelalawan)

Gambar IV.10. Upaya penanggulangan karhutla di Kabupaten Pelalawan Provinsi Riau

### IV.3. Tinjauan Kabupaten Pelalawan

Kabupaten Pelalawan merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Riau, yang mempunyai hamparan hutan produksi terluas salah satunya terletak di kawasan hutan rawa. Namun karena buruknya tata kelola kehutanan ditambah dengan cuaca kering ekstrem menyebabkan kawasan hutan tersebut selalu mengalami bencana kebakaran hutan. Secara historis Kabupaten Pelalawan termaksud sebagai salah satu daerah dengan tingkat kejadian kebakaran hutan tertinggi di Indonesia, adapun historis kebakaran hutan di Kabupaten Pelalawan bisa dilihat pada Tabel IV.8

Tabel IV.8. Historis kebakaran hutan di Kabupaten Pelalawan

No	Kabupaten/Kota	Tahun (ha)			Jumlah (ha)	Rata-rata (ha)
		2016	2017	2018		
Luas kebakaran hutan						
	Pelalawan	4.460,53	3.122,37	3.590,72	11.173,62	3.724,54

Jumlah kemunculan titik api						
	Pelalawan	19	8	41	68	23

(Sumber; Siponga KemenLH, 2018)



Gambar IV.11. Tren kebakaran hutan di Kabupaten Pelalawan

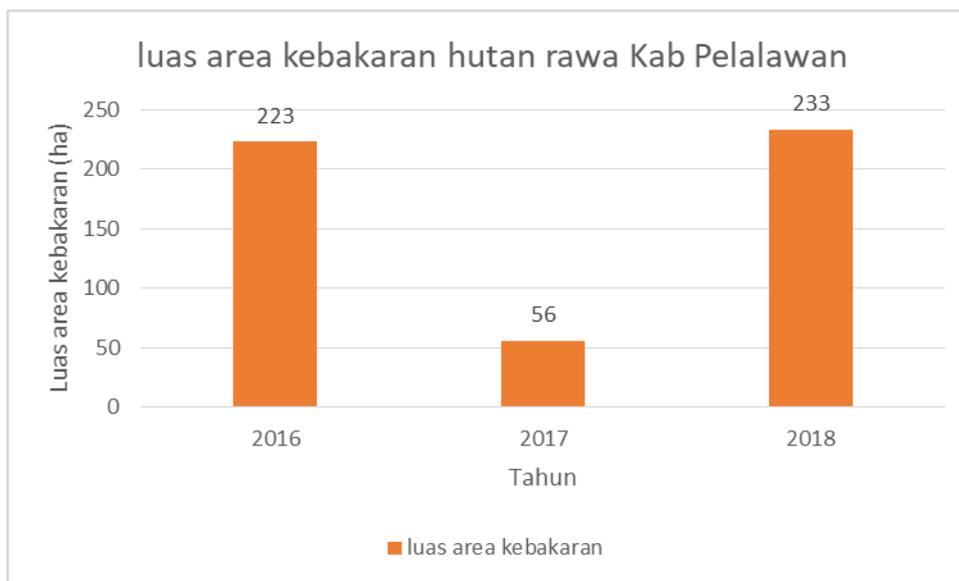
Salah satu kawasan yang tidak luput dari bencana kebakaran hutan yaitu kawasan hutan rawa, salah satu kawasan hutan rawa di Kabupaten Pelalawan yaitu di kawasan Semenanjung Kampar. Kawasan ini merupakan daerah dengan tingkat *biodiversity* yang sangat tinggi, adapun hutan gambut di Semenanjung Kampar sebesar 682.511 hektar. Pada 2016 dari luas tutupan yang ada, tersisa sekitar 152.511 hektar, kebanyakan luas tutupan hutan yang hilang telah beralih menjadi Hutan Tanaman Industri (HTI). Alihfungsi lahan secara besar-besaran dan buruknya tata kelola kehutanan di Kabupaten Pelalawan membuat kawasan ini menjadi kawasan yang rawan kebakaran.

Setiap tahun kawasan hutan rawa kawasan Semenanjung Kampar selalu mengalami siklus bencana kebakaran hutan, adapun pada tahun 2016-2018 luas kebakaran hutan dikawasan Semenanjung Kampar sebesar 512 hektar dengan rata-rata luas kebakaran hutan sebesar 171 hektar pada periode tahun tersebut. keberadaan ekosistem hutan di Semenanjung Kampar mendapatkan tekanan yang cukup berat oleh karena bencana kebakaran hutan akibat aktivitas pembukaan hutan dan lahan gambut untuk pertanian, hutan tanaman industri dan perkebunan.

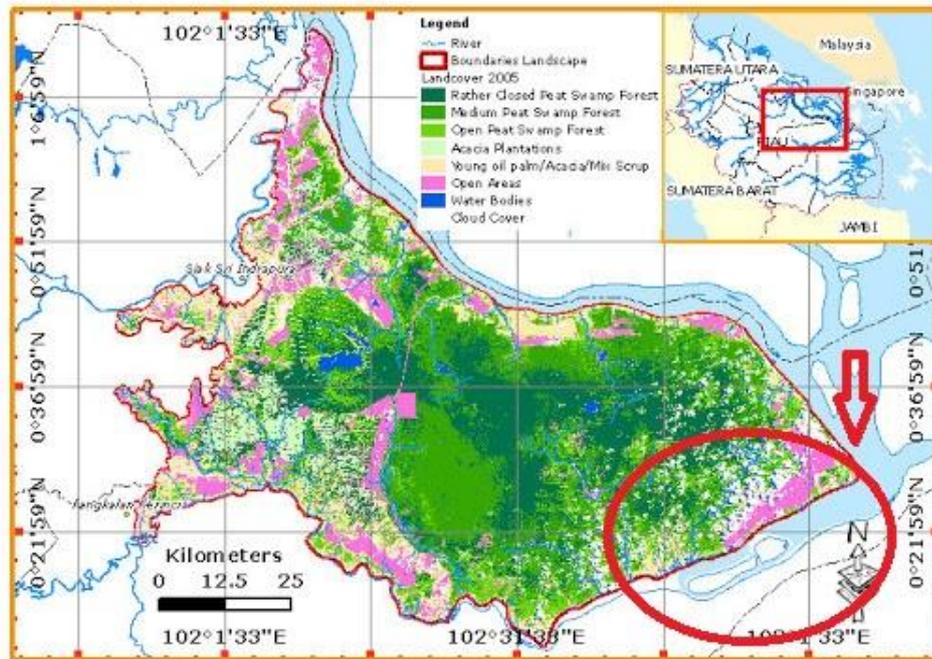
Tabel IV.9. Luas kebakaran hutan di Kawasan Semenanjung Kampar

No	Kabupaten/Kota	Tahun (ha)			Jumlah (ha)	Rata-Rata (ha)
		2016	2017	2018		
Luas kebakaran hutan kawasan Semenanjung Kampar						
1	Pelalawan	223	56	233	512	171

Adapun tren kebakaran hutan rawa di Kabupaten pelalawan bisa dilihat pada Gambar IV.12. Keistimewaan hutan rawa gambut di kawasan Semenanjung Kampar adalah memiliki lapisan kedalam mencapai 10 meter. Sehingga menjadi daya tarik bagi pelaku industri sektor kehutanan. Adapun luas rawa gambut di Semenanjung Kampar sebesar 682.511 hektar, sekitar 41 persen atau 284.880 hektar beralih fungsi untuk Hutan Tanaman Industri (HTI), sebesar 35 persen atau 245.120 hektar beralih fungsi untuk Hak Pengusaha Hutan (HPM), dan sisanya menjadi kawasan suaka margasatwa.



Gambar IV.12. Tren kebakaran hutan rawa di Kabupaten Pelalawan



Gambar IV.13. Kawasan hutan rawa gambut semenanjung kampar

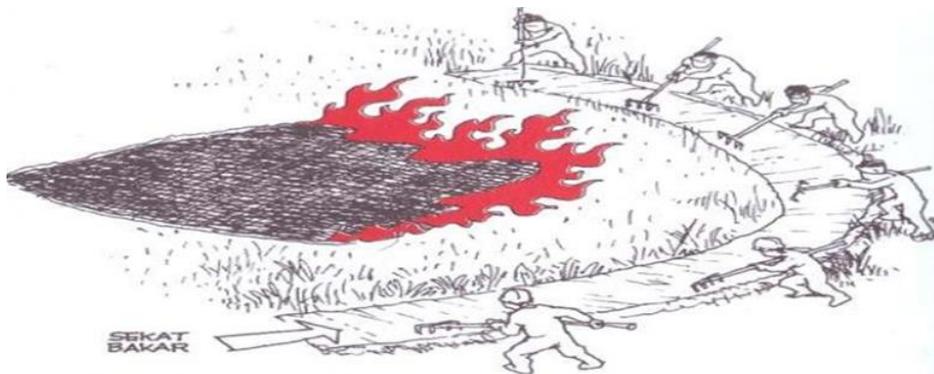
Kebakaran hutan rawa pada kawasan ini dominan terjadi pada area hutan rawa yang beralih fungsi untuk Hutan Tanaman Industri (HTI) dan Hak Pengusaha Hutan (HPM). Oleh karena itu lokasi operasional kapal pemadam kebakaran amfibi yang dipilih yaitu pada kawasan Semenanjung Kampar.

#### IV.3.1. Skenario Operasi Pemadaman

Berikut skenario pemadaman dengan menggunakan kapal pemadam kebakaran amfibi:

1. Kapal PMK amfibi siap siaga pada pos pantau karhutla di Kabupaten Pelalawan dengan keadaan muatan kosong.
2. Ketika mendapatkan informasi kebakaran di kawasan hutan Semenanjung Kampar, kapal pemadam kebakaran amfibi akan diberangkatkan menuju lokasi terjadinya kebakaran hutan.
3. Pengisian air dapat dilakukan dengan berjalan dengan menyedot air laut melalui *seachest* atau ketika sudah mendekati lokasi yang dituju.
4. Kapal naik ke daratan, jika kondisi tanah tidak memadai kapal naik ke daratan dengan cara ditarik menggunakan winch.
5. Setelah kapal naik ke daratan kapal berjalan ke lokasi dimana ditemukannya titik api kebakaran hutan dengan keadaan membawa muatan penuh.

6. Sesampai dilokasi titik api, regu pemadam membuat perimeter/batas aman proses pemadaman kebakaran hutan.
7. Pemadaman di lakukan dengan beberapa cara yaitu:
  - A Secara otomatis dengan menggunakan *hose* yang berada di atas *cabin*. Atau juga dapat dilakukan dengan cara manual dengan menggunakan selang.
  - B Memukul-mukul/menginjak-injak api kebakaran hingga padam menggunakan peralatan mekanis sederhana seperti keypok, ranting-ranting kayu, dan cangkul.
  - C membuat jalur basah (*wet line*), dan membuat sekat bakar (*fire break*). Seperti pada Gambar IV.14



Gambar IV.14. Ilustrasi sekat bakar

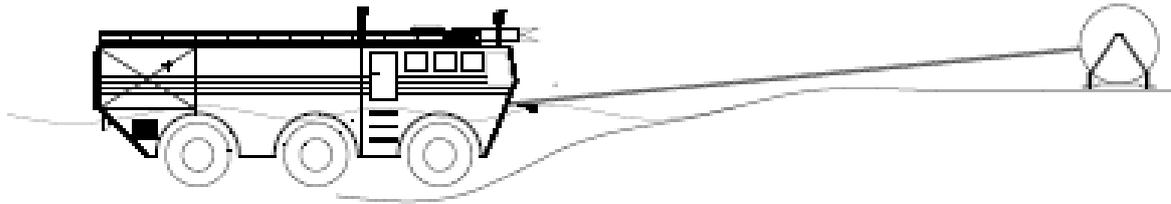
8. Jika *payload* kapal tidak mencukupi, kapal akan bolak-balik ke sumber air terdekat untuk mengisi tangki air pemadam.
9. Kapal juga dapat memadamkan kebakaran dari laut apabila lokasi kebakaran dekat dengan area pantai.
10. Jika pemadaman dari laut, kapal akan menyedot air melalui *seachest* buritan dengan menggunakan pompa dengan kapasitas lebih besar. Pompa ini telah di sesuaikan dengan karakteristik sistem Fifi 1.

#### IV.3.2. Teknis kapal naik ke daratan

Dengan pertimbangan bahwa tidak semua wilayah hutan rawa gambut yang memiliki kontuk tanah kering di sekitar bibir pantai/sungai, sehingga untuk membantu kapal PMK amfibi naik ke daratan dipilih opsi penarikan kapal menggunakan winch. adapun skenario penarikannya sebagai berikut:

1. Kapal berlayar hingga mendekati bibir pantai/sungai

2. Sesampai di bibir pantai/sungai crew pemadam yang ada di daratan, akan menarik kapal naik ke daratan menggunakan *motor winch*.
3. Cara kerja motor winch yaitu dengan mengkaitkan tali baja ke kapal, setelah tali baja mengkait dengan sempurna motor winch dinyalakan untuk menarik kapal ke daratan. Adapun spesifikasi motor winch yang dipilih bisa dilihat pada Tabel 2.0



Gambar IV.15. Ilustrasi menaikkan kapal ke daratan menggunakan *motor winch*

Sementara adapun spesifikasi motor winch yang dibutuhkan yaitu sebagai berikut:

Tabel IV.10. Spesifikasi pilihan motor winch

<b>Spesifikasi</b>	
Merk	Shenghuan
Tipe	JMW 30
Kapasitas	30 ton
Kapasitas tali	2400 meter
Dimensi	L = 1235 mm
	B = 1230 mm
	H = 805 mm

(Sumber: Alibaba.com)

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB V**

### **ANALISIS TEKNIS**

#### **V.1. Owner Requirement**

*Design requirement* dalam Tugas Akhir ini adalah payload kapal pemadam kebakaran amfibi, luas area tutupan kapal pemadam kebakaran amfibi, dan kecepatan kapal pemadam kebakaran amfibi.

##### **V.1.1. Penentuan *payload* kapal**

Kriteria pertama dalam menentukan *owner requirement* adalah menentukan *payload* kapal. Karena kapal ini adalah kapal pemadam kebakaran amfibi, *payload* yang dibawa kapal ini adalah air untuk memadamkan api kebakaran, yang notabeneanya adalah kebakaran yang terjadi di hutan. Analisis penentuan *Payload* dilakukan dengan menghitung kebutuhan air minimum untuk pemadaman kebakaran, dan mengacu pada kapasitas air mobil pemadam kebakaran secara umum. Berikut adalah rumus untuk menentukan kebutuhan air minimum yang diatur pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum (Indonesia Paten No. 20/PRT/M/2009, 2009).

$$\text{Pasokan Air Minimum} = \frac{V}{ARK} \times AKK \times FB$$

(V.1)

Dimana;

- V = Volume bangunan (ft<sup>3</sup>)
- ARK = Angka Klasifikasi Resiko Kebakaran (Lihat lampiran ....)
- AKK = Angka Klasifikasi Konstruksi Bangunan (Lihat lampiran ....)
- FB = Faktor Bangunan Berdekatan

Sesuai data yang diperoleh melalui wawancara, volume bangunan diperoleh melalui metode asumsi adapun didapatkan volume sebesar 100 x 100 x 1 meter (327,86 x 327,86 x 3,279 feet) sehingga didapatkan volume bangunannya adalah 10.000 m<sup>3</sup> atau 353.146,7 ft<sup>3</sup>. AKK adalah angka klasifikasi resiko kebakaran. Sesuai dengan peraturan tersebut, apabila kebakaran terjadi dikawasan hutan. Dalam hal ini kayu adalah yang paling beresiko terjadi kebakaran sehingga nilai AKK = 1. ARK bernilai 7 dikarenakan merupakan kawasan hutan

yang jauh dari pemukiman. Faktor bangunan bernilai 0,5 karena jarak bangunan terdekat rata-rata >100 meter. Perhitungannya adalah sebagai berikut,

$$\begin{aligned} \text{Pasokan air minimum} &= \frac{327,8 \times 327,8 \times 3,28}{7} \times 1 \times 0,5 \\ &= 25.175 \text{ US Galon} \\ &= 95 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

Setelah mengetahui kebutuhan air minimum untuk pemadaman kebakaran hutan, selanjutnya menentukan acuan kapasitas air mobil pemadam di Provinsi Riau secara umum melalui wawancara, dari wawancara tersebut didapatkan data kapasitas air mobil pemadam yang bisa dilihat pada Tabel V.1

Tabel V.1. Kapasitas air mobil pemadam kebakaran di Provinsi Riau

No.	Kota/Kabupaten	Kapasitas Mobil Pemadam	
1	Kuantan Singingi	6000	liter
2	Indragiri Hulu	6000	liter
3	Indragiri Hilir	7000	liter
4	Pelalawan	6000	liter
5	Siak	6000	liter
6	Kampar	7000	liter
7	Rokan Hulu	7000	liter
8	Bengkalis	6000	liter
9	Rokan Hilir	6000	liter
10	Kepulauan Meranti	6000	liter
11	Pekanbaru	7000	liter
12	Dumai	6000	liter

Dari Tabel V.1 diperoleh data sebagai berikut:

- Kapasitas minimum mobil pemadam di Provinsi Riau = 6000 liter
- Kapasitas maksimal mobil pemadam di Provinsi Riau = 7000 liter
- Kapasitas rata-rata mobil pemadam di Provinsi Riau = 6000 liter

Mengacu pada kapasitas air mobil pemadam diambil kapasitas maksimal untuk kapal pemadam kebakaran yaitu sebesar 7000 liter.

### V.1.2. Penentuan Luas Area Tutupan Kapal

Kriteria kedua dalam menentukan *owner requirement* adalah menentukan luas area tutupan kapal pemadam kebakaran. Untuk menentukan luas area tutupan kapal pemadam kebakaran, metode yang dipakai yaitu wawancara, dan kuisisioner. Dari wawancara tersebut didapatkan data pada Tabel V.2. Luas area tutupan satgas karhutla Provinsi Riau

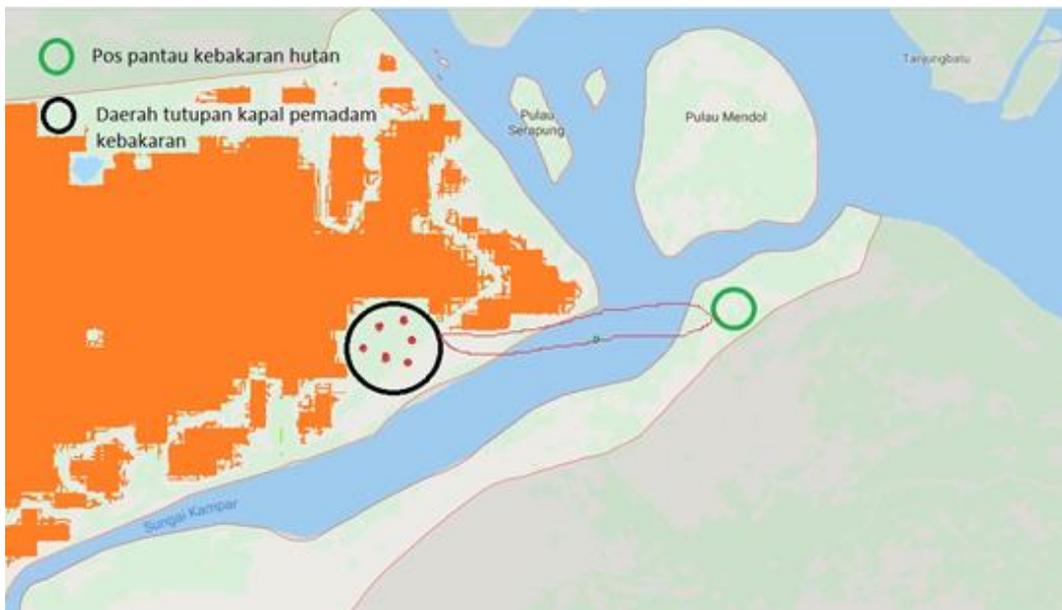
Tabel V.2. Luas area tutupan satgas karhutla Provinsi Riau

No.	Kota/Kabupaten	Jumlah Satgas Karhutla		Luas Daerah Tutupan	
1	Kuantan Singingi	1	Tim	1	Ha
2	Indragiri Hulu	1	Tim	1	Ha
3	Indragiri Hilir	1	Tim	1	Ha
4	Pelalawan	2	Tim	2	Ha
5	Siak	1	Tim	1	Ha
6	Kampar	1	Tim	1	Ha
7	Rokan Hulu	1	Tim	1	Ha
8	Bengkalis	2	Tim	2	Ha
9	Rokan Hilir	1	Tim	1	Ha
10	Kepulauan Meranti	1	Tim	1	Ha
11	Pekanbaru	2	Tim	2	Ha
12	Dumai	2	Tim	2	Ha

Dari Tabel V.2. tersebut didapatkan nilai min, max, dan rata-rata dari luas tutupan satgas karhutla sebagai berikut;

- Rata-rata luas daerah tutupan karhutla = 1,33 Ha
- Max luas daerah tutupan karhutla = 2 Ha
- Min luas daerah tutupan karhutla = 1 Ha

Berdasarkan data tersebut, diketahui bahwa rata-rata luas daerah tutupan karhutla sebesar 1,33 Ha, dengan kebutuhan air sebesar 25.175 liter. Diambil luas daerah tutupan kapal pemadam kebakaran amfibi sebesar 1 Ha. Untuk mengatasi keterbatasan *payload* yang sebesar 7000 liter atau setara dengan 7m<sup>3</sup>, proses pemadaman 1 Ha kebakaran hutan dilakukan dengan skema 5x bolak-balik.



(Sumber: googlemap.com)

Gambar V.1. Ilustrasi area tutupan kapal pemadam kebakaran amfibi

## V.2. Perhitungan Teknis

### V.2.1. Penentuan Ukuran Utama Kapal

Penentuan ukuran utama kapal pemadam kebakaran *amphibi* ini menggunakan metode geosim dan pembuatan *layout* awal. Metode geosim merupakan metode penentuan ukuran utama kapal yang memiliki kesamaan geometris dengan kapal pembanding. Penentuan ukuran utama dilakukan berdasarkan koefisien perbandingan geometris ukuran utama (K). Dan data yang dibutuhkan untuk menggunakan metode ini adalah ukuran utama kapal seperti panjang kapal (L), lebar kapal (B), sarat kapal (T), dan tinggi kapal (H), dengan CD (Coefficient Displacement) dan CB (Coefficient Block) yang dihasilkan memiliki nilai yang hampir serupa. Koefisien geometris (K) didapatkan dari persamaan Geosim di bawah ini:

$$(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1 \quad (V.2)$$

$$K = L_2/L_1 \quad (V.3)$$

$$L_2/L_1 = 0,874$$

Maka K	=	0,874
L Baru	=	10,48
B Baru	=	2,88
T Baru	=	1,22
H Baru	=	2,77

Tabel V.3. Data kapal pembanding

Kapal Pembanding							
No	Nama Kapal	Ukuran Utama (m)				DWT (ton)	Payload (ton)
		L	B	T	H		
1	LAV 300	6,40	2,54	1,19	1,98	5	3
2	TERREX ICV	7,02	2,70	1,29	2,15	10	7
3	PTS-2	12,00	3,30	1,40	3,17	18	12
4	BTR 3U	7,65	2,90	1,72	2,86	11	7,5
5	BTR-4E	7,87	2,96	1,83	3,05	11	7,5
6	BTR 90	7,64	3,20	1,79	2,98	11	7,5
7	EDT Enigma AMFV	7,50	3,00	1,80	3,00	10	7
8	Saur 01	7,80	2,80	1,51	2,52	11	7,5
9	VBTP-MR Guarani	6,90	2,70	1,40	2,34	5	3,5
10	WZ 551	6,65	2,80	1,73	2,89	5	3,5

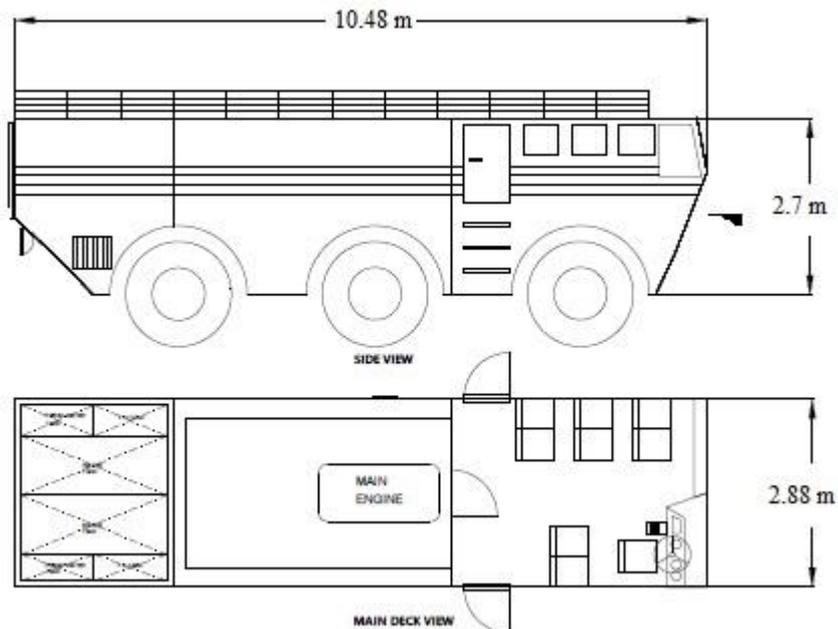
(Sumber: marinetratic.com)

Kemudian, setelah didapatkan ukuran utama sementara diatas, dibuat *layout* untuk memperkirakan bentuk kapal. Jika, ukuran utama tersebut memenuhi batasan-batasan ukuran utama yang digunakan, maka dapat langsung digunakan sebagai ukuran utama awal. Namun, apabila tidak memenuhi batasan, maka ukuran utama awal dapat dinaikkan atau diturunkan hingga memenuhi. Ukuran utama yang digunakan dan batasan-batasan perbandingan ukuran utama yang digunakan pada Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut.

### V.2.2. Desain Awal Kapal

Pembuatan *layout* awal kapal didasarkan pada ukuran utama awal yang telah didapatkan. Pembuatan *layout* awal ini bertujuan untuk mengetahui apakah ukuran utama kapal mampu untuk menampung jumlah penumpang maksimum yang telah direncanakan. Di samping itu juga untuk melihat gambaran umum dari bentuk kapal sebelum dilakukan

perhitungan teknis. Bentuk *layout* awal kapal pemadam kebakaran *amphibi* akhirnya didapatkan dilihat pada Gambar V.2.



Gambar V.2. Sketsa Awal Kapal Pemadam Kebakaran *Amphibi*

### V.2.3. Perhitungan Koefisien Kapal

Setelah menentukan ukuran utama awal kapal, langkah selanjutnya yang dilakukan adalah melakukan perhitungan koefisien-koefisien kapal. Perhitungan koefisien meliputi perhitungan *froude number* ( $F_n$ ), koefisien blok ( $C_b$ ), koefisien *midship* ( $C_m$ ), koefisien perismatik ( $C_p$ ), koefisien bidang garis air ( $C_{WP}$ ), dan *displacement* ( $\Delta$ ).

#### 1. Perhitungan $F_n$

Perhitungan  $F_n$  mengacu pada formula berikut:

$$F_n = V/\sqrt{(g \cdot L)} \quad (V.4)$$

$$F_n = 0,406$$

#### 2. Perhitungan $C_b$

Untuk perhitungan koefisien blok dapat dihitung untuk satu lambung saja dengan memanfaatkan *volume displacement* pada lambung tersebut. Formula yang digunakan untuk perhitungan koefisien blok adalah sebagai berikut:

$$C_b = \nabla / (L \cdot B \cdot T) \quad (V.5)$$

$$C_b = 0,94$$

#### 3. Perhitungan $C_m$

Perhitungan  $C_m$  mengacu pada formula, berikut:

$$C_m = A_M / (T \cdot B_M) \quad (V.6)$$

$$C_m = 0,978$$

4. Perhitungan  $C_p$

Perhitungan  $C_p$  mengacu pada formula, berikut:

$$C_p = C_b / C_m \quad (V.7)$$

$$C_p = 0,963$$

5. Perhitungan  $C_{wp}$

Perhitungan  $C_{wp}$  mengacu pada formula, berikut:

$$C_{wp} = 0.180 + 0.860 \cdot C_p \quad (V.8)$$

$$C_{wp} = 0,945$$

6. Perhitungan  $\Delta$

Nilai *displacement* diperoleh dari perhitungan hidrostatis model di *maxsurf*. Nilai dari *displacement* tersebut adalah

$$\Delta = 24,347 \text{ ton}$$

#### V.2.4. Hambatan Total dan *Power* Kapal

Perhitungan hambatan untuk kapal ini menggunakan dua metode untuk menentukan hambatan saat kapal berada di permukaan air dan saat kapal berada di darat.

A. Hambatan di permukaan air

Hambatan kapal saat berada di permukaan air ditentukan menggunakan metode khusus, dalam metode tersebut tahanan yang diterima oleh kapal indentik dengan tahanan tongkang. Adapun tahanan tongkang dibagi menjadi dua komponen yaitu Tahanan Air dan Tahanan Angin (Henschke, 1978)

1. Nilai hambatan air didapat dari rumus:

$$W = f \cdot s \cdot V^{1.83} + P \cdot F_x \cdot V^2 \quad (V.9)$$

Dimana:

F = Konstanta bahan

S = Luas permukaan basah ( $m^2$ )

V = Kecepatan kapal (m/s)

$F_x$  = Luas penampang midship ( $m^2$ )

Sehingga didapat nilai hambatan air sebesar 75,45 kN

2. Nilai hambatan angin didapat dari rumus:

$$W = 0,0041 \cdot (0,3A1 + A2) \cdot Va^2 \quad (V.10)$$

Dimana:

A1 = Luas penampang melintang kapal (m<sup>2</sup>)

A2 = Luas proyeksi transversal bangunan atas (m<sup>2</sup>)

Va = Kecepatan relatif angin (m/s)

Sehingga didapat nilai hambatan angin sebesar 0,020 kN

$$R_{total} = W_{air} + W_{angin} + \text{margin } 15\% \quad (V.11)$$

$$\text{Hambatan total (R}_{total}\text{)} = 86,791 \text{ kN}$$

Setelah menghitung hambatan total kapal ketika beroperasi di air, selanjutnya menghitung hambatan total kapal saat berada di darat.

#### B. Hambatan di darat

Perhitungan hambatan untuk kapal ini menggunakan metode (Clark, 1979), tahanan dibagi menjadi tiga komponen yaitu *rolling resistance*, *pulling force* dan *air resistance*;

##### 1. Formula untuk *rolling resistance*:

$$Fr = c \cdot W \quad (V.12)$$

$$Fr = 6,361 \text{ kN}$$

##### 2. Formula untuk *air resistance*:

$$Fd = cd \cdot 1/2 \cdot \rho \cdot v^2 \cdot A \quad (V.13)$$

$$Fd = 0,000392363 \text{ kN}$$

$$R_{total} = Fr + Fd \quad (V.14)$$

$$R_{total} = 6,362 \text{ kN}$$

$$P = \frac{FT \cdot v}{\eta} \quad (V.15)$$

$$= 70,69 \text{ kW}$$

$$= 95 \text{ HP}$$

Dari langkah-langkah perhitungan tersebut diambil hambatan yang terbesar yaitu

$$R_T = 86,791 \text{ kN}$$

$$= 689,957 \text{ kW}$$

$$= 925 \text{ HP}$$

### V.2.5. Penentuan Sistem Permesinan dan Spesifikasi Mesin

Penentuan ini berdasarkan dari nilai yang di dapat pada perhitungan hambatan dan sistem propulsi kapal. Besar power yang dibutuhkan 689,957 KW dengan *power output* sebesar 925 HP. Sedangkan untuk mesin darat menggunakan mesin yang sama Besar power yang dibutuhkan 212,07 KW dengan *power output* sebesar 284 HP. Adapun Spesifikasi mesin yang di pilih bisa dilihat pada Gambar V.3 dan Tabel V.4



(Sumber: Cat.com)

Gambar V.3. Pilihan mesin induk

Adapun spesifikasi dari mesin yang dipilih sebagai berikut:

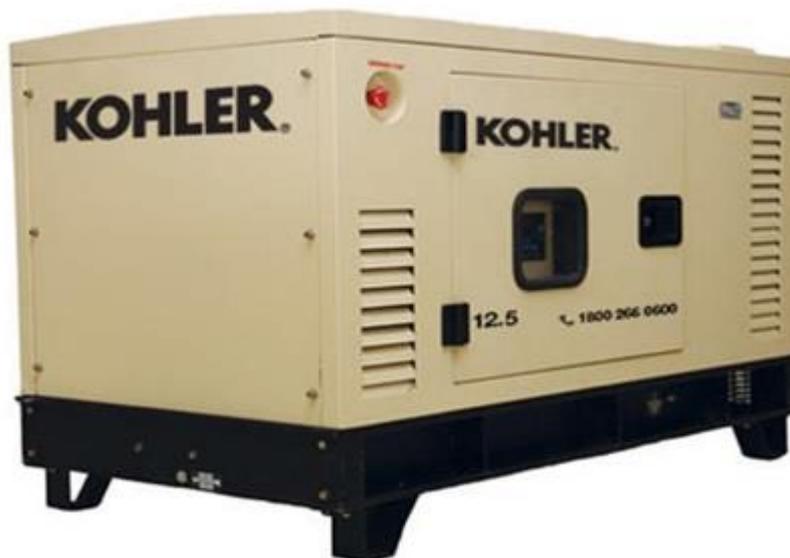
Tabel V.4. Spesifikasi Teknis Mesin Induk

Merk	Cat	
Tipe	LE 453	
Power output	1.000	HP
Propulsive power	735	kw
Putaran mesin	1300-2100	RPM
Berat	1.780	kg
Dimensi	L = 1,745 m B = 1,153 m H = 1,177 m	

Harga	1.032.980.000	Rupiah
-------	---------------	--------

### V.2.6. Penentuan Spesifikasi Generator Set

Penentuan ini berdasarkan dari nilai yang di dapat pada kebutuhan daya listrik. Besar power yang dibutuhkan 689,957 KW dengan *power output* sebesar 925 HP Adapun Spesifikasi mesin yang di pilih bisa dilihat pada Gambar V.4. dan Tabel V.5.



(Sumber: Alibaba.com)

Gambar V.4. Pilihan *generator set*

Adapun spesifikasi dari genset yang dipilih sebagai berikut:

Tabel V.5. Spesifikasi *generator set*

Merk	Kohler	
Tipe	150EOZCJ	
Power output	200	HP
	150	kw
Berat	1,551	kg
Dimensi	L = 1,591 m B = 0,893 m H = 1,003 m	
Harga	406.068.000	Rupiah

### V.2.7. Pemilihan Gearbox

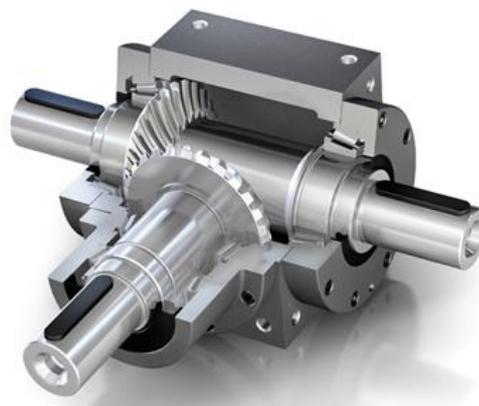
Desain jenis kapal amfibi kebanyakan menggunakan mesin *inboard* yang dilengkapi *gearbox* untuk menggerakkan kapal *amphibi* di darat dan di laut. diasumsikan *gearbox* yang digunakan bisa memenuhi kebutuhan untuk megubah konfigurasi, dari penggerak ban, menjadi penggerak *propeller*. Adapun skema kerjanya motor penggerak dikopel dengan propeller dan roda memakai *bevel gear*. Dimana nantinya jika berada di darat gearbox yang berisi bevel gear tersebut menjalankan roda dengan cara menghubungkan *gear* yang dari *garden* atau *gearbox main engine* ke *gear* yang menuju ke roda, begitu pula sebaliknya jika berada di *air gear* di operkan ke *bevel gear* yang berfungsi untuk menggerakkan propeller.

Adapun tipe gearbox yang dibutuhkan sesuai dengan desain kapal ini yaitu gearbox yang berisi *bevel gear* dengan tiga *output shaft* seperti yang dilustrasikan pada Gambar V.5 Sementara untuk spesifikasi *gearbox* yang dipilih, dapat dilihat dari Tabel V.6

Tabel V.6. Kriteria pemilihan *gearbox*

Kriteria pemilihan gearbox			
Daya mesin	=	925	HP
RPM mesin	=	1300	RPM
RPM roda	=	150	RPM
RPM propeller	=	200	RPM

Adapun tipe gearbox yang dipilih di ilustrasikan seperti pada Gambar V.5, sebagai berikut:



(Sumber: <http://rightanglegearbox.blogspot.com>)

Gambar V.5. *Bevel gearbox 3 output*

### V.2.8. Perhitungan Jumlah dan Ukuran Roda

Perhitungan dilakukan untuk mengetahui jumlah dan ukuran roda kapal pemadam amfibi. Perhitungan jumlah dan ukuran roda selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran.

Perhitungan diawali dengan menghitung berat DWT dan LWT yang akan disangga oleh roda kapal. Adapun dari perhitungan LWT dan DWT didapatkan berat total sebesar 22,06 ton. Setelah mengetahui beban yang akan disangga selanjutnya menentukan konfigurasi chassis dari roda. Adapun penentuan chassis menggunakan metode (Clark, 1979) pada Tabel V.7 sebagai berikut:

Tabel V.7. Kriteria penentuan sumbu roda dan jumlah roda metode Clark

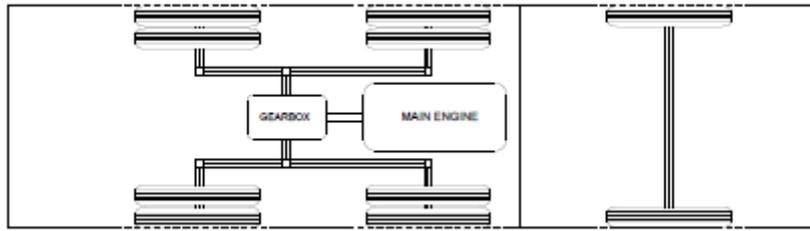
No.	Tipe	Muatan	
1	Konfigurasi 2 sumbu roda dengan 4 ban	10	ton
2	Konfigurasi 2 sumbu roda dengan 6 ban	14	ton
3	konfigurasi 3 sumbu roda dengan 10 ban	19-24	ton
4	konfigurasi 4 sumbu roda dengan 12 ban	24-36	ton
5	konfigurasi 5 sumbu roda dengan 18 ban	44-46	ton
6	konfigurasi 6 sumbu roda dengan 22 ban	54-56	ton

Dari Tabel V.7 dan perhitungan berat kapal dipilih konfigurasi sumbu roda dengan muatannya yaitu Konfigurasi 3 sumbu roda dengan 10 ban. Sementara untuk ukuran roda dipilih ukuran roda dengan kriteria bisa dilihat pada Tabel V.8, dan ilustrasi konfigurasi sumbu roda bisa dilihat pada Gambar V.6 sebagai berikut:

Tabel V.8. Kriteria pemilihan ukuran roda

1	Load capacity	40 km/h 22,05 ton	
2	Tyres size		
	Rim	660	mn
	Width	480	mm
	Diameter	1620	mm

(sumber: katalog heavy tyres Nokian)



Gambar V.6. Konfigurasi 3 sumbu roda dengan 10 roda

### V.2.9. Perhitungan Beban

Perhitungan beban dilakukan untuk mengetahui besarnya beban yang terjadi pada lambung kapal. Perhitungan beban juga nantinya dapat digunakan untuk menghitung tebal pelat minimum untuk kapal. Perhitungan beban selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran. Perhitungan beban diawali dengan menghitung *basic external dynamic load* (P0). Formula untuk menghitung P0 adalah sebagai berikut:

$$P_0 = 2,1 \cdot (C_b + 0,7) C_0 \cdot C_L \cdot C_f \cdot C_{rw} \quad (V.16)$$

Dimana;

$$C_0 = \text{Wave coefficient} = 3.380$$

$$C_L = \text{Leght coefficient} = 0.336$$

$$F = \text{Probability factor} = 1$$

$$C_{RW} = \text{Service range coefficient} = 0.75$$

Dari perhitungan didapatkan nilai  $P_0 = 2,326 \text{ kN/m}^2$ , selanjutnya dilakukan perhitungan beban pada tiap bagian kapal (alas, sisi, dan geladak).

#### V.2.9.1. Perhitungan Beban Alas (P<sub>B</sub>)

Beban alas dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$P_b = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_f \quad (V.17)$$

Dimana;

$$C_f = 1.531 \text{ untuk daerah A (x/L = 0,1)}$$

$$= 1 \text{ untuk daerah M (x/L = 0,45)}$$

$$= 1.478 \text{ untuk daerah F (x/L = 0,8)}$$

Maka, didapatkan :

$$\begin{aligned}
 P_B &= 15,793 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk daerah A} \\
 &= 14,558 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk daerah M} \\
 &= 15,670 \text{ kN/m}^2 \text{ untuk daerah F}
 \end{aligned}$$

Diambil nilai maksimal, yaitu  $P_B = 15,793 \text{ kN/m}^2$

### V.2.9.2. Perhitungan Beban Sisi ( $P_s$ )

Beban pada sisi kapal dibedakan menjadi dua, yaitu beban pada sisi kapal yang berada di bawah garis air dan beban pada sisi kapal yang berada di atas garis air. Kedua beban ini dihitung kemudian diambil nilai yang terbesar. Beban sisi kapal yang berada di bawah garis air dapat dihitung dengan formula sebagai berikut;

$$P_s = 10 \cdot (T - z) + P_o \cdot C_f \left(1 + \frac{z}{T}\right) \quad (\text{V.18})$$

Sedangkan untuk beban pada sisi kapal yang berada di atas garis air dapat dihitung dengan formula sebagai berikut :

$$P_s = P_o \cdot C_f \cdot 20 / (10 + z - T) \quad (\text{V.19})$$

Dari perhitungan beban sisi ( $P_s$ ), didapatkan nilai beban sisi ( $P_s$ ) sebagai berikut;

- Di bawah garis air.
  1. Untuk daerah A :  $z = 0,8 \text{ m}$   
 $PS = 10,122 \text{ kN/m}^2$
  2. Untuk daerah M :  $z = 0,8 \text{ m}$   
 $PS = 8,080 \text{ kN/m}^2$
  3. Untuk daerah F :  $z = 0,8 \text{ m}$   
 $PS = 9,918 \text{ kN/m}^2$
- Beban sisi di atas garis air
  1. Untuk daerah A :  $z = 2.123 \text{ m}$   
 $PS = 6,535 \text{ kN/m}^2$
  2. Untuk daerah M :  $z = 2.123 \text{ m}$   
 $PS = 4,269 \text{ kN/m}^2$
  3. untuk daerah F :  $z = 2.123 \text{ m}$   
 $PS = 6,308 \text{ kN/m}^2$

Dari perhitungan beban sisi ( $P_s$ ), diambil nilai beban sisi ( $P_s$ ) terbesar yaitu  $10,122 \text{ kN/m}^2$

### V.2.10. Perhitungan Tebal Pelat

Perhitungan tebal pelat kapal mengacu pada besarnya beban pada lambung kapal. Makin besar beban pada lambung kapal maka makin tebal pula pelat yang harus digunakan. Perhitungan tebal pelat kapal selengkapnya dapat dilihat pada bagian lampiran. Perhitungan pelat diawali dengan perhitungan tebal pelat minimal dan tebal pelat maksimal, dengan formula sebagai berikut;

$$t_{\min} = (1,5 - 0,01) \sqrt{L \cdot k} \quad (\text{V.20})$$

Dimana;

$$k = \text{material factor} = 1$$

$$t_{\min} = 4,459 \text{ mm} \approx 5 \text{ mm}$$

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

Tebal pelat lambung kapal dihitung berdasarkan beban yang terjadi pada lambung kapal. Beban tersebut antara lain beban sisi dan beban alas. Kedua beban tersebut dibandingkan besar nilainya dan diambil yang terbesar untuk memudahkan perhitungan dan meyeragamkan tebal pelat lambung.

$$PS = 10,122 \text{ kN/m}^2$$

$$PB = 15,793 \text{ kN/m}^2$$

Formula untuk menghitung tebal pelat sisi;

$$ts1 = 1,9 \cdot nf \cdot a \cdot \sqrt{Ps \cdot k} + tk \quad (\text{V.21})$$

Formula untuk menghitung tebal pelat alas;

$$tb1 = 1,9 \cdot nf \cdot a \cdot \sqrt{Pb \cdot k} + tk \quad (\text{V.22})$$

Dimana;

$$nf = 1,0 \text{ untuk konstruksi melintang}$$

$$a = \text{jarak gading} = 0,6 \text{ m}$$

$$k = \text{faktor bahan} = 1$$

$$tK = \text{faktor tambahan korosi}$$

A. Tebal pelat alas

- Untuk daerah A :  $tB1 = 8 \text{ mm}$

- Untuk daerah M :  $t_{B1} = 7 \text{ mm}$
- Untuk daerah F :  $t_{B1} = 7 \text{ mm}$

Sehingga tebal pelat alas dapat dibulatkan menjadi 8 mm.

B. Tebal pelat sisi

- Untuk daerah A :  $t_{S1} = 6 \text{ mm}$
- Untuk daerah M :  $t_{S1} = 6 \text{ mm}$
- Untuk daerah F :  $t_{S1} = 6 \text{ mm}$

Sehingga tebal pelat sisi dapat dibulatkan menjadi 8 mm.

Maka dari perhitungan tebal pelat lambung yang sudah dilakukan, diambil tebal pelat lambung yang dipakai adalah pelat baja dengan tebal 8 mm.

### V.2.11. Perhitungan Berat

Perhitungan berat kapal terdiri dari dua komponen, yaitu *Dead Weight Tonnage* (DWT) dan komponen *Light Weight Tonnage* (LWT).

#### V.2.11.1. Perhitungan LWT Kapal

Berat kapal bagian LWT terdiri dari berat komponen baja kapal, berat bagian permesinan, berat komponen kelistrikan serta peralatan-peralatan yang digunakan. Secara detail, perhitungan berat kapal bagian LWT dapat dilihat di bagian lampiran. Pada bagian ini, hanya akan ditampilkan rekapitulasi berat kapal bagian LWT seperti yang terlihat pada Tabel V.9. berikut ini.

Tabel V.9. Berat LWT

<b>Total Berat Bagian LWT</b>			
<b>No.</b>	<b>Komponen Berat</b>	<b>Nilai</b>	<b>Unit</b>
1	Berat alas dan sisi kapal	7,011	Ton
2	Berat konstruksi lambung	1,403	Ton
3	<i>Equipment dan outfitting</i>	0,380	Ton
4	Berat mesin induk	1,780	Ton
5	<i>Generator set</i>	1,551	Ton

6	<i>Railing</i>	0,020	Ton
7	Roda	1,000	Ton
Total		13,145	Ton

### V.2.11.2. Perhitungan DWT Kapal

Komponen berat kapal bagian DWT dalam Tugas Akhir ini terdiri dari berat *payload*, crew dan barang bawaan, tangki air tawar, serta bahan bakar untuk genset. Kapal yang dirancang dalam Tugas Akhir ini tidak memiliki *provision store* dan komponen lain yang termasuk dalam komponen DWT pada kapal pada umumnya. Komponen berat bagian DWT dihitung secara langsung. Pada Tabel V.10 akan dijelaskan mengenai rincian berat DWT secara lebih detail.

Tabel V.10. Berat DWT

<b>Total Berat Bagian DWT</b>			
No.	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Nilai	Unit
<i>Berat Payload</i>			
1	Berat <i>payload</i>	7,000	Ton
<i>Berat crew dan barang bawaan</i>			
2	Jumlah <i>crew</i> kapal	8	Oang
	Berat <i>crew</i> kapal	80	kg
	Berat barang bawaan	3	kg
	Berat total <i>crew</i> kapal	640	Ton
	Berat total	24	Ton
<i>Consummable</i>			
3	Berat <i>consummable</i>	1,246	Ton
<b>Total berat bagian DWT</b>			
1	Berat <i>payload</i>	7,000	Ton
2	Berat <i>crew</i> dan barang bawaan	0,664	Ton
3	<i>Consummable</i>	1,246	Ton
<b>Total</b>		8,910	Ton

Setelah didapatkan berat kapal total, langkah selanjutnya ialah melakukan pengecekan berat kapal terhadap *displacement*. Hal ini untuk mengetahui apakah kapal dapat mengapung atau tidak. Jika nilai berat kapal lebih besar dari pada *displacement*, maka kapal akan tenggelam. Sedangkan jika berat kapal lebih kecil dari pada *displacement*, maka proses desain dapat dilanjutkan ke tahap selanjutnya karena dapat dipastikan bahwa kapal mengapung. Pada Tabel V.11. ditunjukkan koreksi berat dan *displacement* kapal pemadam kebakaran *amphibi*.

Tabel V.11. Koreksi Berat dan *Displacement* Kapal

Berat Total	Displacement	Selisih		Check Displacement
		(Kg)	%	
(Kg)	(Kg)	(Kg)	%	
22,055	24,347	2,692	9	OK

### V.2.12. Perhitungan Lambung Timbul Kapal

Desain kapal pemadam kebakaran *amphibi* ini merupakan kapal yang mempunyai panjang kurang dari 24 m. Sehingga untuk menghitung lambung timbul tidak dapat menggunakan ketentuan *International Convention on Load Lines (ICLL) 1966*. Perhitungan lambung timbul menggunakan aturan *Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged*. Setelah dilakukan perhitungan dan koreksi, didapatkan nilai *freeboard* kapal pemadam kebakaran *amphibi* seperti yang disajikan pada Tabel V.12. Perhitungan lebih lengkap berada di lampiran.

Tabel V.12. Koreksi Lambung Timbul

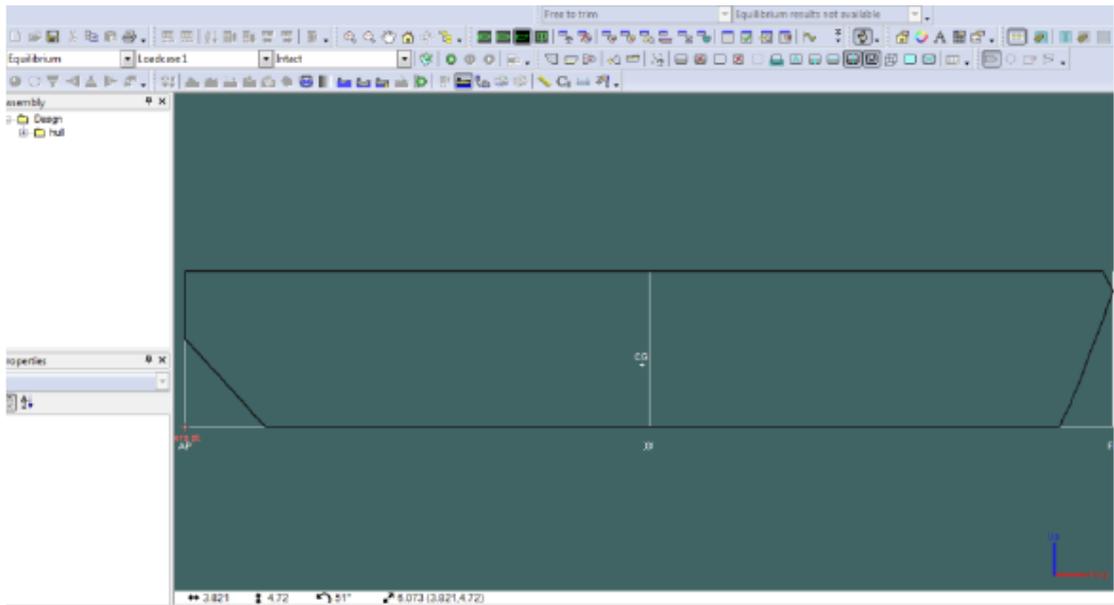
Lambung Timbul	Nilai	Satuan
Lambung timbul yang disyaratkan	0,26	m
Lambung timbul sebenarnya	0,770	m
Kondisi	Diterima	

### V.2.13. Perhitungan Stabilitas

Pemeriksaan stabilitas desain kapal pemadam kebakaran *amphibi* ini menggunakan bantuan *software Maxsurf stability*. Perhitungan dilakukan dengan asumsi muatan penuh dan *consumable* penuh. Proses perhitungan menggunakan *software Maxsurf Stability* dapat dilihat pada langkah-langkah berikut:

- a) Memasukkan model kapal pada *Hidromax*

Model kapal yang sebelumnya sudah dimodelkan di Maxsurf modeler, dibuka di Maxsurf Stability, seperti terlihat di Gambar V.7



Gambar V.7. Model kapal di Maxsurf stabilitas

- b) Memasukkan data berat dan titik berat kapal, serta *loadcase* pada kapal

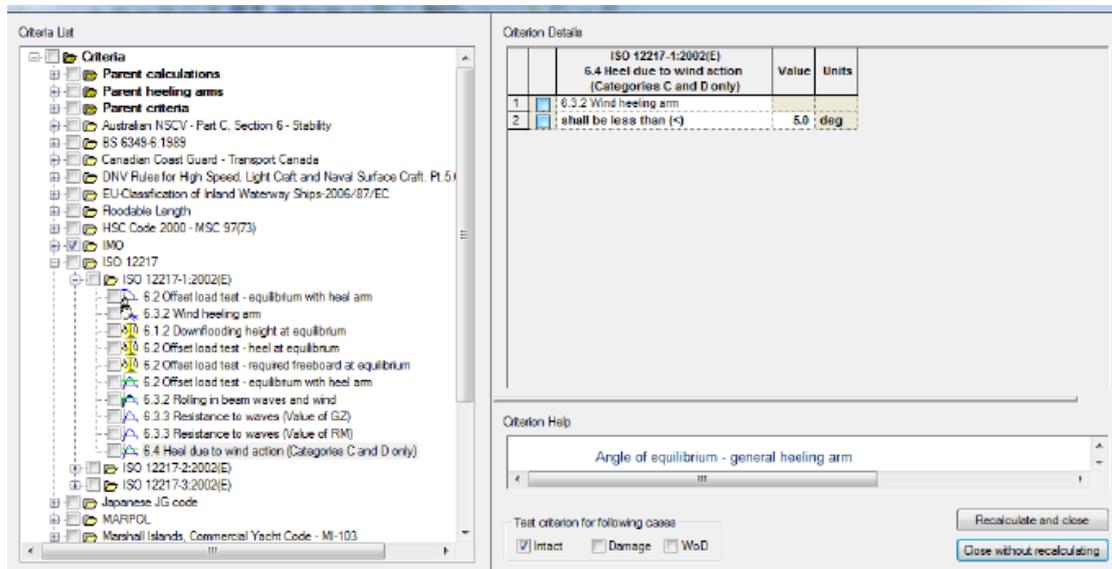
Untuk menganalisa stabilitas pada kapal, dimasukkan beban yang sekiranya berdampak besar pada stabilitas kapal, seperti kursi, penumpang, dan mesin. Dimasukkan masing berat dari item, dan titik beratnya, dengan AP sebagai patokan longitudinal, baseline sebagai patokan vertical, dan midship sebagai patokan transversal, seperti pada Gambar V.8

Item Name	Quantity	Unit Mass tonnes	Total Mass tonnes	Shel Volume m <sup>3</sup>	Total Volume m <sup>3</sup>	Long. Arm m	Trans. Arm m	Vert. Arm m	Total FSM tonnes.m	FSM Type
1 Full	1	12.664	12.664			0.167	0.306	0.196	0.000	User Size
2 lob 1	1	0.190	0.190			11.142	0.000	0.045	0.000	User Size
3 lob 2	1	0.190	0.190			11.142	-0.100	0.045	0.000	User Size
4 lob 3	1	0.190	0.190			10.722	0.100	0.045	0.000	User Size
5 lob 4	1	0.190	0.190			10.722	-0.100	0.045	0.000	User Size
6 lob 5	1	0.190	0.190			10.302	0.100	0.045	0.000	User Size
7 lob 6	1	0.190	0.190			10.302	-0.100	0.045	0.000	User Size
8 lob 7	1	0.190	0.190			9.883	0.100	0.045	0.000	User Size
9 lob 8	1	0.190	0.190			9.883	-0.100	0.045	0.000	User Size
10 lob 9	1	0.190	0.190			9.463	0.100	0.045	0.000	User Size
11 lob 10	1	0.190	0.190			9.463	-0.100	0.045	0.000	User Size
12 lob 11	1	0.190	0.190			9.043	0.100	0.045	0.000	User Size
13 lob 12	1	0.190	0.190			9.043	-0.100	0.045	0.000	User Size
14 lob 13	1	0.190	0.190			8.623	0.100	0.045	0.000	User Size
15 lob 14	1	0.190	0.190			8.623	-0.100	0.045	0.000	User Size
16 lob 15	1	0.190	0.190			8.203	0.100	0.045	0.000	User Size
17 lob 16	1	0.190	0.190			8.203	-0.100	0.045	0.000	User Size
18 lob 17	1	0.190	0.190			7.783	0.100	0.045	0.000	User Size
19 lob 18	1	0.190	0.190			7.783	-0.100	0.045	0.000	User Size
20 lob 19	1	0.190	0.190			7.363	0.100	0.045	0.000	User Size
21 lob 20	1	0.190	0.190			7.363	-0.100	0.045	0.000	User Size
22 lob 21	1	0.190	0.190			6.943	0.100	0.045	0.000	User Size
23 lob 22	1	0.190	0.190			6.943	-0.100	0.045	0.000	User Size
24 lob 23	1	0.190	0.190			6.523	0.100	0.045	0.000	User Size
25 lob 24	1	0.190	0.190			6.523	-0.100	0.045	0.000	User Size
26 lob 25	1	0.190	0.190			6.103	0.100	0.045	0.000	User Size
27 lob 26	1	0.190	0.190			6.103	-0.100	0.045	0.000	User Size
28 lob 27	1	0.190	0.190			5.683	0.100	0.045	0.000	User Size
29 lob 28	1	0.190	0.190			5.683	-0.100	0.045	0.000	User Size
30 lob 29	1	0.190	0.190			5.263	0.100	0.045	0.000	User Size
31 lob 30	1	0.190	0.190			5.263	-0.100	0.045	0.000	User Size
32 lob 1	1	0.031	0.031			9.068	0.100	0.045	0.000	User Size
33 lob 2	1	0.031	0.031			9.068	-0.100	0.045	0.000	User Size

Gambar V.8. Loadcase di Maxsurf stabilitas

- c) Memilih kriteria kapal stabilitas, sesuai kapal yang akan dianalisis

Disini, yang digunakan adalah rule IMO 749 (18) Ch 3, yang bisa diterapkan pada semua kapal. Bisa dilihat pada Gambar V.9.



Gambar V.9. Memilih kriteria di Maxsurf stabilitas

- d) Melakukan proses running, untuk menganalisa stabilitas

Setelah semua langkah diatas telah diselesaikan, akan muncul titik-titik berat dari Loadcase yang dimasukkan. Barulah bisa dilakukan analisa stabilitas kapal, dengan memilih opsi start analysis, dan Maxsurf Stability akan langsung menganalisa stabilitas kapal terhadap rule yang kita pilih.

- e) Membaca data analisis yang dilakukan software

Untuk mengetahui bilamana stabilitas dari kapal telah memenuhi atau tidak, Maxsurf stability telah memberi kemudahan dengan menghitung, dan langsung mengkalkulasikan perhitungannya terhadap regulasinya, sehingga kriteria stabilitas bisa didapatkan pada Tabel V.13. Penjabaran hasilnya adalah sebagai berikut:

- Loadcase muatan penuh dan *consumable* penuh

Tabel V.13. Kriteria stabilitas kondisi muatan penuh dan consumable penuh

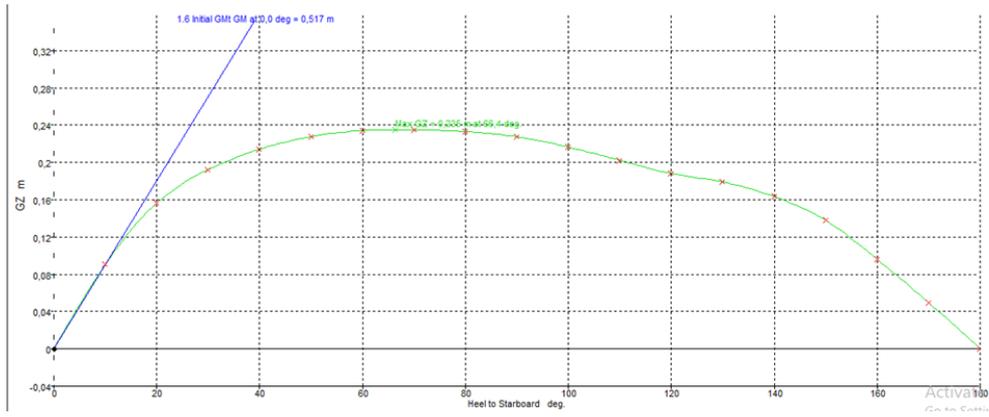
No.	Criteria	Syarat	Value	Satuan	Status
1	Area 0 to 30°	3,151	3,4868	m.deg	Pass
2	Area 30° to 40°	1,719	2,0398	m.deg	Pass
3	Max GZ at 30 or greater	0,2	0,235	m	Pass
4	Angle of maximum GZ	25	69	deg	Pass

No.	Criteria	Syarat	Value	Satuan	Status
5	Initial GMt	0,15	0,517	m	Pass

Dari Tabel V.13 didapatkan kriteria stabilitas yang harus dipenuhi oleh kapal ketika kondisi muatan penuh dan *consumable* penuh. Adapun kriteria tersebut dapat dilihat pada langkah-langkah berikut:

Kondisi muatan penuh consummable penuh

- 1 A30 min = 3,151 meter.derajat  
A30 = 3,486 meter.derajat  
Kondisi = **Accepted**
- 2 Daerah di bawah kurva antara  $\theta = 30^\circ$  dan  $\theta = 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian. (1.719 m.deg)  
A30-40 min = 1,719 meter.derajat  
A30-40 = 3,109 meter.derajat  
Kondisi = **Accepted**
- 3 GZ tidak boleh kurang dari 0,2 meter pada sudut 30 derajat ;  
Gz 30o min = 0,200 meter  
Gz 30o = 0,543 meter  
Kondisi = **Accepted**
- 4 Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 25 derajat  
GZmax min =  $15^\circ$  derajat  
GZmax =  $69^\circ$  derajat  
Kondisi = **Accepted**
- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 meter.  
GM min = 0,150 meter  
GM = 0,444 meter  
Kondisi = **Accepted**



Gambar V.10. Kurva lengan GZ kondisi muatan penuh dan *consumable* penuh

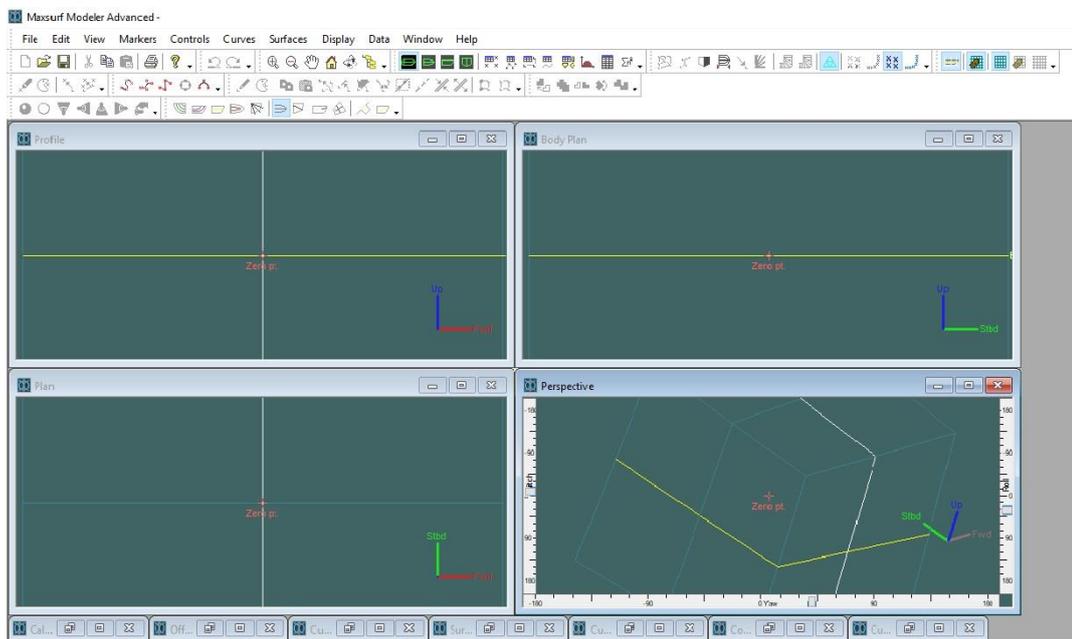
# BAB VI DESAIN KAPAL

## VI.1. Rencana Garis/*Lines Plan*

*Lines Plan* merupakan gambar pandangan atau gambar proyeksi badan kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara memanjang (*sheer plan*), dan vertikal memanjang (*half breadth plan*). Pada Tugas Akhir ini pembuatan *lines plan* menggunakan metode literasi *sample design* pada *software Maxsurf*. kapal tersebut karakteristiknya disesuaikan dengan kapal yang direncanakan. Dalam menggambar *half breadth plan* dan *sheer plan* juga dibantu oleh kedua *software* tersebut.

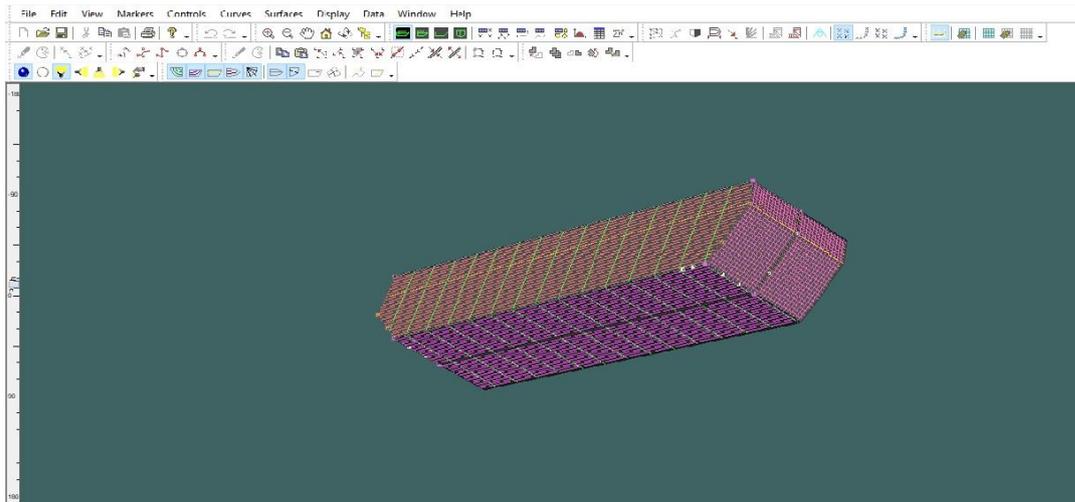
Setelah semua perhitungan selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan Rencana Garis atau *Lines Plan*. Langkah - langkah pengerjaan Rencana Garis kapal adalah sebagai berikut:

1. Membuka jendela awal *software Maxsurf*



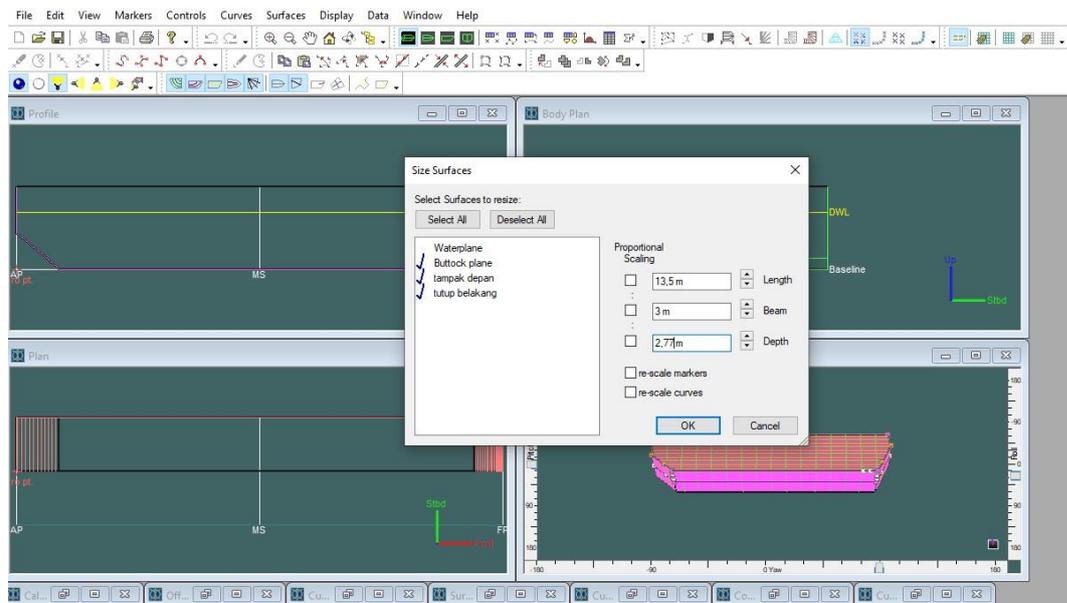
Gambar VI.1. Tampilan jendela awal *software maxsurf*

2. Menginput *model* sesuai dengan jenis kapal yang akan dibuat



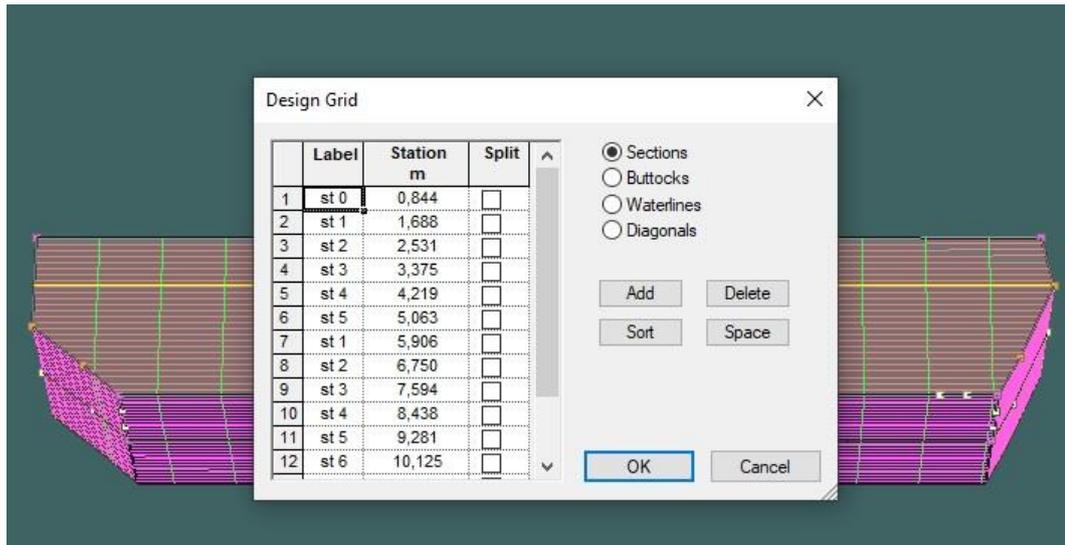
Gambar VI.2. Tampilan jendela model kapal

3. Menentukan ukuran utama kapal pada *size surface*



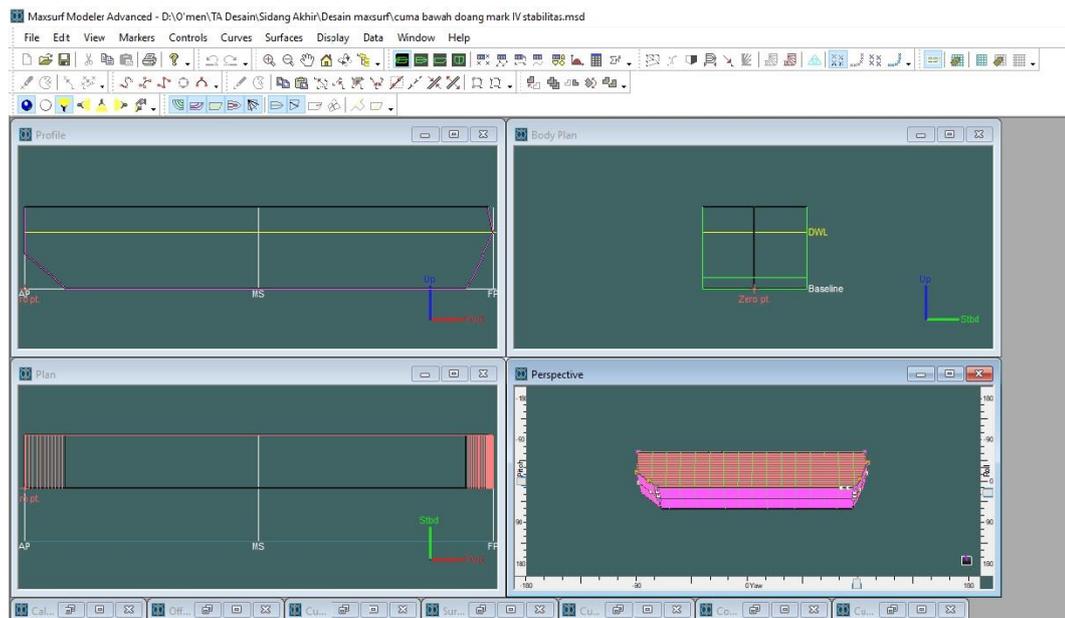
Gambar VI.3. Tampilan untuk mengatur ukuran utama

4. Membagi *stations*, *buttock lines* dan *water lines* pada *design grid*



Gambar VI.4. Tampilan mengatur *stations*, *buttock lines* Dan *waterlines*

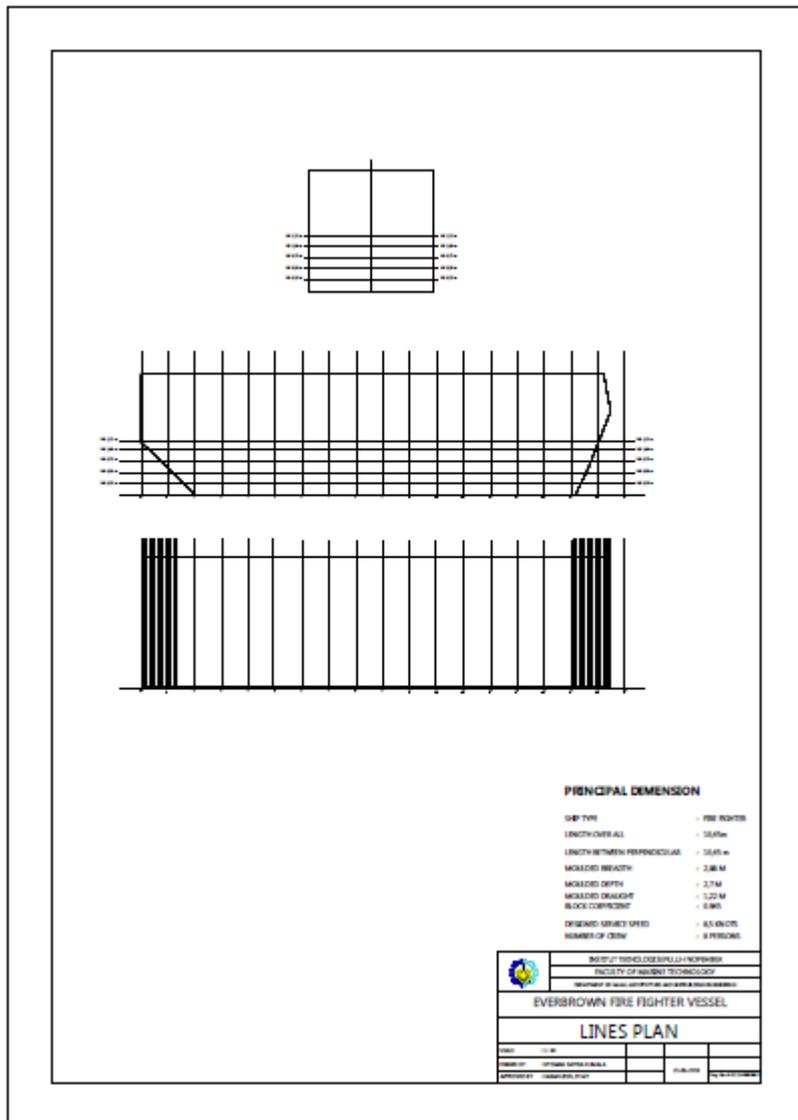
## 5. Meng-export *Lines Plan* yang telah dibuat pada *AutoCAD*



Gambar VI.5. *Lines plan* sebelum di-export

Setelah bentuk rencana garis sesuai dengan yang diinginkan, pembuatan rencana garis mendekati tahap akhir. Model dapat langsung di-export ke format dxf. 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 menggabungkan ketiganya dalam satu *file.dwg* yang merupakan *output* dari *software* AutoCAD

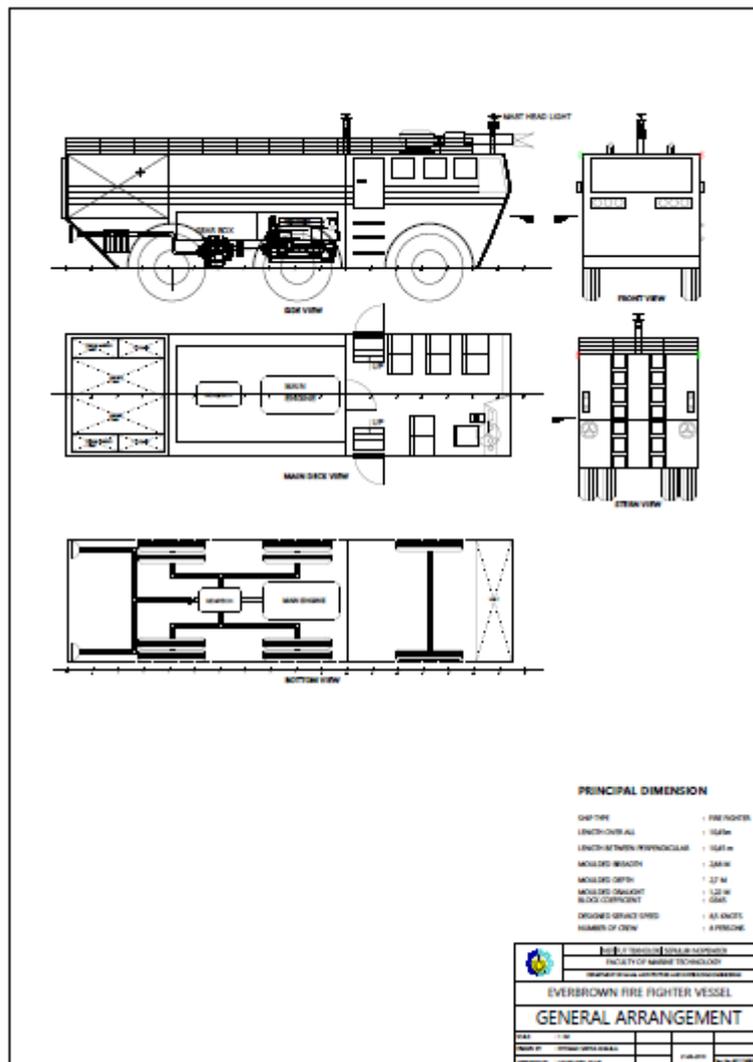
(*student license*). Dalam proses penggabungan juga dilakukan sedikit *editing* pada Rencana Garis yang telah didapat.



Gambar VI.6. *Lines plan* setelah di-export

## VI.2. Rencana Umum/*General Arrangement*

*General Arrangement* didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal. Pembuatan *General Arrangement* dilakukan dengan bantuan *software AutoCAD (student license)*.



Gambar VI.7. Rencana umum

### VI.3. Gambar 3 Dimensi

Proses pembuatan gambar tiga dimensi dari kapal pemadam kebakaran amfibi dilakukan dengan bantuan *software 3 D*. Pembuatan bentuk kapal mengacu pada bentuk *Lines Plan* yang dibuat.



Gambar VI.8. Gambar 3D eksterior samping depan



Gambar VI.9. Gambar 3D eksterior samping belakang



Gambar VI.10. Gambar 3D interior

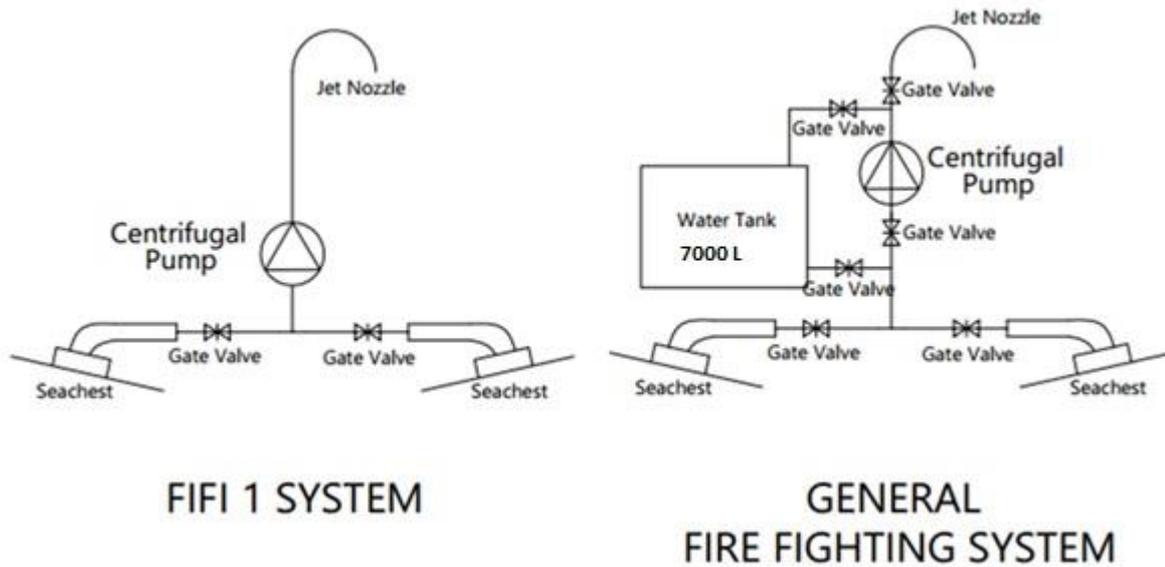


Gambar VI.11. Gambar 3D Ilustrasi

#### **VI.4. Desain Line Diagram Sistem Pemadam Kebakaran**

Kapal pemadam kebakaran amfibi mempunyai 2 sistem pemadam kebakaran. Yaitu *Fire Fighting (Fifi) 1 System* dan sistem pemadam kebakaran umum yang digunakan pada mobil pemadam kebakaran. *Fifi 1 System* digunakan pada saat kapal berada di air yaitu dengan mengambil air laut dari *seachest* untuk di semprotkan ke area kebakaran. Sistem ini menggunakan pompa sentrifugal berkapasitas 1200-2800 m<sup>3</sup>/jam sesuai dengan peraturan yang ditulis oleh kelas BV yaitu kapasitas pompa *Fifi 1* adalah 2400 m<sup>3</sup>/jam. pemadaman kebakaran di darat, pompa ini tidak dapat digunakan karena tekanannya yang terlalu besar. Sehingga

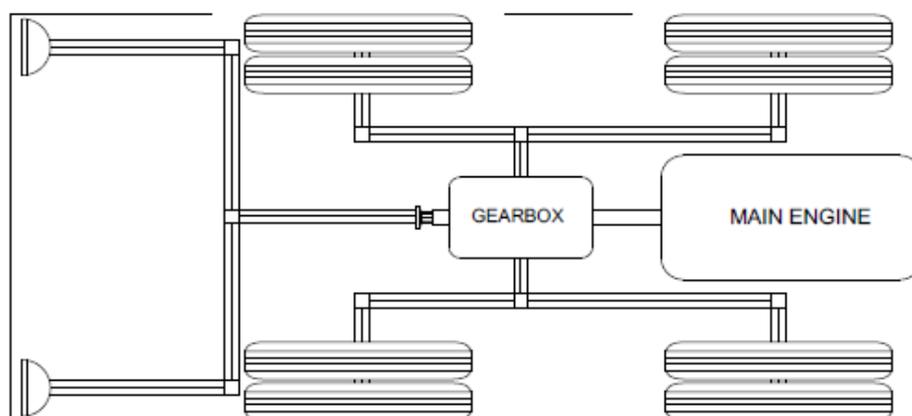
pemadaman di darat menggunakan sistem lain yaitu pompa *portable* sentrifugal berkapasitas 580 Liter/menit pada tekanan 6,3 bar. Berikut adalah *Line Diagram* sistem pemadam kebakaran pada kapal pemadam kebakaran amfibi.



Gambar VI.12. *Line Diagram* Sistem Pemadam Kebakaran

### VI.5. Desain *Line Diagram* Sistem Permesinan

Kapal pemadam kebakaran amfibi mempunyai 2 sistem penggerak yaitu penggerak air dan darat. Penggerak air menggunakan dua unit propulsor, sementara sistem penggerak di darat menggunakan roda. Sistem ini digerakkan oleh sebuah mesin induk dan sebuah gearbox dengan tiga output shaft. Berikut adalah *Line Diagram* sistem permesinan pada kapal pemadam kebakaran amfibi.



Gambar VI.13. *Line Diagram* Sistem Permesinan

Keterangan gambar:

- 1) Mesin induk
- 2) , 4), 6) *Output shaft*
- 3) *Gearbox*
- 5) *Drive shaft*
- 7) *Marine shaft*
- 8) *Propulsion unit*

Adapun skema skema kerja permesinan kapal ketika berada di darat yaitu tenaga dari mesin utama (*main engine*) disalurkan ke *gearbox* melalui *output shaft*. Didalam *gearbox* tenaga tersebut di reduksi menyesuaikan dengan rpm roda, setelah itu tenaga tersebut disalurkan ke *drive shaft* untuk menggerakkan roda. Sementara skema skema kerja permesinan kapal ketika berada di air yaitu tenaga dari mesin utama (*main engine*) disalurkan ke *gearbox* melalui *output shaft*. Didalam *gearbox* tenaga tersebut disesuaikan dengan rpm unit propulsi, setelah itu tenaga tersebut disalurkan ke *marine shaft* untuk menggerakkan unit propulsi.

**(Halaman ini sengaja dikosongkan)**

## **BAB VII**

### **ANALISIS EKONOMIS**

#### **VII.1. Biaya Pembangunan Kapal**

Biaya pembangunan kapal terdiri dari enam komponen, yaitu Lambung, Peralatan Navigasi, Peralatan Keselamatan, Instalasi Mesin, Instalasi Listrik, dan Perlengkapan Pemadam Kebakaran. Adapun perhitungan dari komponen lambung bisa dilihat pada Tabel VII.1

Tabel VII.1. Perhitungan harga komponen lambung kapal

<b>No</b>	<b>Material</b>	<b>Merk</b>	<b>Berat (kg)</b>	<b>Harga Satuan</b>	<b>Total</b>
1	Pelat dan konstruksi lain	-	8414,00	Rp. 30.000	Rp. 252.420.000
2	Roda dan velg	Nokian MPT Agile	10	Rp. 22.880.000	Rp. 228.800.000
3	Chassis		3608,08	Rp. 6.414	Rp. 23.142.210
Total					Rp. 504.362.210

Berdasarkan Tabel VII.1 komponen lambung kapal meliputi enam item yaitu Pelat dan konstruksi lain, Roda dan velg, dan Chassis. Komponen Pelat dan konstruksi lain seharga Rp. 252.420.000. Komponen Roda dan velg seharga Rp. 228.800.000. Dan Komponen Chassis seharga Rp. 23.142.210. Adapun total harga komponen Lambung Kapal sebesar Rp 504.362.210. Setelah melakukan perhitungan komponen Lambung kapal, selanjutnya melakukan perhitungan harga komponen Peralatan Navigasi. Untuk harga komponen Peralatan Navigasi bisa dilihat pada Tabel VII.2. berikut:

Tabel VII.2. Perhitungan harga komponen peralatan navigasi

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Kemudi	-	1	Rp 203.425	Rp 203.425
2	Radar		1	Rp 7.124.000	Rp 7.124.000
3	Kompas		1	Rp 2.849.600	Rp 2.849.600
4	GPS		1	Rp 3.562.000	Rp 3.562.000
5	Lampu navigasi		6	Rp 213.720	Rp 1.282.320
Total					Rp 15.021.345

Berdasarkan Tabel VII.2. komponen peralatan navigasi meliputi lima item yaitu Kemudi, Radar, Kompas, GPS, dan Lampu Navigasi. Komponen Kemudi seharga Rp. 203.425. Komponen Radar seharga Rp. 7.124.000. Komponen Kompas dalam seharga Rp. 2.849.600. Komponen GPS seharga Rp. 3.562.000. Dan Komponen Lampu Navigasi seharga Rp. 1.282.320. Adapun total harga komponen Peralatan Navigasi sebesar Rp 15.021.345. Setelah menghitung harga komponen peralatan navigasi berikutnya melakukan perhitungan harga komponen Peralatan Keselamatan yang bisa dilihat pada Tabel VII.3 berikut.

Tabel VII.3. Perhitungan harga komponen peralatan keselamatan

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	<i>Lifebouy</i>	Safe-T-Relf Life Buoy	4	Rp 650.000	Rp 2.600.000
2	<i>Fire helmet</i>		10	Rp 850.000	Rp 8.500.000
3	<i>Fire jacket</i>		10	Rp 1.400.000	Rp 14.000.000
4	<i>Life jacket</i>		10	Rp 865.000	Rp 8.650.000
5	Kursi jok		10	Rp 3.500.000	Rp 35.000.000
Total					Rp 68.750.000

Berdasarkan Tabel VII.3 komponen peralatan keselamatan meliputi lima item yaitu *Lifebouy*, *Fire helmet*, *Fire jacket*, *Life jacket*, dan Kursi jok. Adapun komponen *Lifebouy* seharga Rp. 2.600.000. Komponen *Fire helmet* seharga Rp. 8.500.000. Komponen *Fire jacket* dalam seharga Rp. 14.000.000. Komponen *Life jacket* seharga Rp. 8.650.000. Dan Komponen

Kursi jok seharga Rp. 35.000.000. Adapun total harga komponen Peralatan Keselamatan sebesar Rp 68.750.000. Setelah dilakukan perhitungan terkait komponen hargaperalatan keselamatan, berikutnya melakukan perhitungan komponen Instalasi Permesinan yang bisa dilihat pada Tabel VII.4, berikut:

Tabel VII.4. Perhitungan harga komponen instalasi permesinan

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	<i>Fire pump</i>	waterous PB 18-4025	1	Rp 16.500.000	Rp 16.500.000
2	<i>Water pump</i>	waterous PB 18-4025	1	Rp 16.500.000	Rp 16.500.000
3	Pompa sistem fifi 1	Jason	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
4	Mesin induk	MAN Engine(LE-453)	1	Rp 1.032.980.000	Rp 1.032.980.000
5	<i>Power take off</i>	Hino Jumbo	1	Rp 2.250.000	Rp 2.250.000
6	<i>Jet nozzle</i>	Jason	1	Rp 1.250.000	Rp 1.250.000
<b>Total</b>					Rp 1.079.480.000

Dari perhitungan pada Tabel VII.4 komponen instalasi permesinan meliputi enam item yaitu *Fire pump*, *Water pump*, Pompa sistem fifi 1, Mesin induk, dan *Jet nozzle*. Adapun komponen Fire pump seharga Rp. 16.500.000. Komponen Water pump seharga Rp. 16.500.000. Komponen Pompa sistem fifi 1 seharga Rp. 10.000.000. Komponen Mesin induk seharga Rp. 1.032.980.000. Komponen Power take off seharga Rp. 2.250.000. Dan komponen *Jet nozzele* seharga Rp. 1.250.000. Adapun total harga komponen Instalasi Permesinan sebesar Rp 1.079.480.000. Setelah dilakukan perhitungan terkait komponen harga peralatan keselamatan, berikutnya melakukan perhitungan komponen Instalasi Listri yang bisa dilihat pada Tabel VII.5.

Tabel VII.5. Perhitungan harga komponen instalasi listrik

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Lampu sorot	Strobo Patroli Rotator	1	Rp 3.123.800.	Rp 3.123.800.
2	Lampu sorot	waterous PB 18-4025	2	Rp 450.000.	Rp 900.000
3	Genset	Kohler (150EOZCJ)	1	Rp 406.068.000	Rp 406.068.000
<b>Total</b>					Rp 410.091.800

Dari perhitungan pada Tabel VII.5 komponen instalasi permesinan meliputi tiga item yaitu *Genset*, Lampu sorot, dan Lampu sirine. Adapun komponen Lampu sorot seharga Rp. 3.123.800. Komponen Lampu sorot seharga Rp. 900.000. Dan Komponen Genset seharga Rp. 406.068.000. Adapun total harga komponen Instalasi Listrik sebesar Rp 410.091.800. Setelah dilakukan perhitungan terkait komponen harga peralatan keselamatan, berikutnya melakukan perhitungan komponen Perlengkapan Pemadam Kebakaran yang bisa dilihat pada Tabel VII.6, berikut:

Tabel VII.6. Perhitungan harga komponen Perlengkapan Pemadam Kebakaran

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	<i>Fire Inguisting ABC Dry Chemical Powder</i>	waterous PB 18-4025	1	Rp 572.000.	Rp 572.000
2	<i>Fire axe</i>	Kohler (150EOZCJ)	8	Rp 360.000	Rp 2.880.000
3	<i>Fire hose (20 m)</i>		2	Rp 1.430.000	Rp 6.205.000
	<i>Fire hose (10m)</i>		2	Rp 357.500	
	<i>Fire hose (5m)</i>		2	Rp 715.000	
4	Cangkul	Krisbow	8	Rp150.000	
<b>Total</b>					Rp 11.957.000

Dari perhitungan pada Tabel VII.6 komponen Perlengkapan Pemadam Kebakaran meliputi empat item yaitu *Fire inguisting ABC dry chemical powder*, *Fire axe*, *Fire hose*, dan Cangkul.

Adapun komponen *Fire Inguisting ABC Dry Chemical Powder* seharga Rp. 572.000. Dan Komponen *Fire axe* seharga Rp. 2.880.000, komponen *Fire hose* dan cangkul seharga Rp. 6.205.000. Adapun total harga komponen perlengkapan pemadam kebakaran sebesar Rp 11.957.000. Setelah dilakukan perhitungan terkait komponen harga Perlengkapan Pemadam Kebakaran, berikutnya melakukan rekapitulasi Biaya Pembangunan Kapal yang bisa dilihat pada Tabel VII.7, berikut:

Tabel VII.7. Rekapitulasi biaya pembangunan kapal

No	Item	Value
1	Lambung	Rp 504.362.210
2	Peralatan Navigasi	Rp 15.021.345
3	Peralatan Keselamatan	Rp 68.750.000
4	Instalasi Mesin	Rp 1.079.480.000
5	Instalasi Listrik	Rp 410.091.800
6	Perlengkapan Pemadam Kebakaran	Rp 9.657.000
<b>Total Harga (Rupiah)</b>		Rp 2.087.362.355

Dari perhitungan pada Tabel VII.7 Rekapitulasi biaya pembangunan kapal meliputi 6 item yaitu Lambung, Peralatan navigasi, Peralatan keselamatan, Instalasi mesin, Instalasi listrik, dan Perlengkapan pemadam kebakaran. Adapun komponen Lambung seharga Rp. 504.362.210. Komponen Peralatan navigasi seharga Rp. 15.021345. Komponen Peralatan Keselamatan seharga Rp. 68.750.000. Komponen Instalasi Mesin seharga Rp. 1.079.480.000. Komponen Instalasi Listrik seharga Rp. 410.091.800. Dan Komponen Perlengkapan Pemadam Kebakaran seharga Rp. 9.657.000. Adapun Rekapitulasi biaya pembangunan kapal sebesar Rp 2.087.362.355. Setelah melakukan rekapitulasi biaya pembangunan kapal, proses selanjutnya yaitu melakukan perhitungan komponen tambahan untuk menentukan harga jual kapal. Untuk perhitungan komponen tambahan tersebut bisa dilihat pada Tabel VII.8.

Tabel VII.8. Perhitungan biaya variabel penentuan harga kapal

No	Item	Nilai	Unit
1	Biaya variabel pembangunan	730.576.824	Rp.
2	Keuntungan galangan		
	5% dari biaya pembangunan awal		
	Besar keuntungan galangan	104.368.118	Rp.
3	Inflasi		
	3% dari biaya pembangunan awal		
	Besar biaya inflasi	62.620.871	Rp.
4	Pajak pemerintah		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya dukungan dari pemerintah	208.736.236	Rp.
Total biaya variabel		375.725.224	Rp.

Berdasarkan Tabel VII. 5 diketahui bahwa variabel tambahan harga jual kapal terdiri dari 3 item, yaitu keuntungan galangan kapal, inflasi, dan pajak pemerintah. Dari perhitungan tersebut didapatkan besarnya tiap komponen, antara lain sebagai berikut :

- Keuntungan galangan           Rp. 104.368.118
- Inflasi                            Rp. 62.620.871
- Dukungan pemerintah        Rp. 208.736.236
- Biaya variabel pembangunan Rp. 730.576.824

Maka, harga jual kapal (*price*) dapat dihitung dengan metode sebagai berikut :

Harga jual (*price*) = Biaya variabel + Harga pokok produksi + Inflasi + Keuntungan galangan + Pajak

Harga jual (*price*) = Rp. 2.776.191.932,63 .

# BAB VIII

## KESIMPULAN DAN SARAN

### VIII.1. Kesimpulan

Dari analisa teknis dan ekonomis desain kapal pemadam kebakaran *amphibi*, dapat ditarik kesimpulan :

1. Besar payload kapal pemadam kebakaran yang didapat adalah sebesar 7 ton.
2. Ukuran utama kapal pemadam kebakaran amfibi yang didapat adalah:
  - *Length Overall* = 10,48 meter
  - *Length between Perpendicular* = 10,48 meter
  - *Breadth* = 2,88 meter
  - *Height (Depth)* = 1,77 meter
  - *Draught* = 1,22 meter
3. Desain Rencana Garis (*Lines Plan*) kapal pemadam kebakaran dapat dilihat pada Lampiran pada Tugas Akhir ini.
4. Desain Rencana Umum (*General Arrangement*) kapal pemadam kebakaran dapat dilihat pada Lampiran pada Tugas Akhir ini.
5. Desain Model 3 Dimensi kapal pemadam kebakaran dapat dilihat pada Lampiran pada Tugas Akhir ini.
6. Besar biaya pembangunan kapal ini adalah sebesar Rp. 2.776.191.932,63.

### VIII.2. Saran

Banyak perhitungan dalam penelitian ini dilakukan dengan formula estimasi/pendekatan, maka untuk menyempurnakan Tugas Akhir desain kapal pemadam kebakaran *amphibi* ini terdapat beberapa saran :

1. Sebaiknya dilengkapi dengan analisa sistem konstruksi yang sesuai, sehingga didapatkan perhitungan berat yang sesuai dengan beban yang diterima oleh kapal, baik di laut, maupun di darat,
2. Sebaiknya pemeriksaan hambatan komparasikan dengan metode alternatif lain, sehingga bahan bakar, maupun mesin bisa diminimalisir,

3. Sebaiknya dibuat desain alternatif, dengan bentuk kapal yang lebih hidrodinamis, namun tidak mengurangi *payload* yang bisa dibawa oleh kapal ini, dengan sebisa mungkin tidak meninggalkan aspek ekonomis, dengan mengikuti regulasi, baik regulasi kendaraan darat, maupun kendaraan air. Alternatif bisa juga dilakukan untuk daerah operasional lain, dengan potensi yang sama, atau lebih.
4. Sebaiknya perhitungan biaya pembangunan kapal menggunakan metode yang lebih runtut, sehingga bisa didapatkan biaya yang lebih detail.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. M. Yusuf, *Metode Penelitian: Kuantitatif, Kualitatif, dan Penelitian Gabungan (1st Editioned)*. Jakarta: Kencana, 2014.
- A. M. Efendi, *Karakteristik Kebakaran Hutan di Indonesia (1st Edition ed)*. Jakarta: Kencana, 2011.
- Harvald, S.S. (1983). *Resistance and Propulsion of Ships*. New York: John Wiley and Sons.
- Henschke (1978), *Theory of Ship Resistance*. University of Manchester, Departement of Naval Architecture and Marine Engineering.
- International Maritime Organization (IMO). (2012, April 12). *Titanic Remembered by IMO Secretary-General*. Retrieved May 4, 2012, from IMO website: <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.
- Khalimi, M. (2012). *Desain Kapal Amfibi Sebagai Sarana Pariwisata Sungai (Kalimas) Di Surabaya*. Surabaya : FTK-ITS.
- Kurniawati, H.A. (2009). *Lecture Handout. Ship Outfitting*. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS).
- K. A. Suyono, *Hubungan Degradasi Hutan dan Lahan Dengan Deforestasi Di Provinsi Riau*. Jakarta: Trisakti, 2005.
- N. F. Adiba, "Desain *Trash Skimmer Amphibi-Boat* di Sungai Ciliwung Jakarta," 2016.
- Parson, M.G. (2001). *Parametic Design, Chapter 11*. University of Michigan, Departement of Naval Architecture and Marine Engineering.
- Rawson, K.J. and Tupper, E.C. (2001). *Basic Ship Theory (5th ed., Vol. 1)*. Oxford: Butterworth-Heinemann.
- Schneekluth, H. and Bertram, V. (1998). *Ship Design for Efficiency and Economy*. Great Britain : Butterworth-Heinemann.
- Van Dokkum, K. (2005). *Ship Knowledge. Enkhuizen*, The Netherlands: Dokmar.
- Watson, D. (1998). *Practical Ship Design (Vol. 1)*. (R. Bhattacharyya, Ed.) Oxford: Elsevier.
- Sjahrir, A. (1993, Maret 22). *Dampak Kebakaran Hutan Bagi Indonesia*. Jawa Pos. Surabaya.

P.R. Wijaya, Metode dan Teknik-Teknik Pemadaman Kebakaran. Surakarta: Kencana, 2009.

<https://www.bbc.com/indonesia/indonesia-43139525>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib)

<https://nasional.tempo.co/read/695353/dampak-kemarau-meningkat-kebakaran-hutan-dan-lahan-meluas/full&view=ok>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://datariau.com/berita/sub/pemerintahan/Rohul-Dapat-Bantuan-Alat-Pemadam-Karlahut-Canggih-dari-Pusat>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://regional.kompas.com/read/2019/02/20/14545191/6-fakta-karhutla-di-riau-dari-penetapan-status-siaga-darurat-hingga?page=all>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://blog.act.id/cara-efektif-padamkan-kebakaran-hutan-pakai-metode-injeksi-paku-bumi-ala-afrika-selatan/>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://www.gridoto.com/read/22999195/ini-jenis-jenis-mobil-pemadam-kebakaran-yang-ada-di-indonesia#!%2F>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://www.jejaktapak.com/2015/10/17/firefighters-inilah-10-pesawat-pemadam-kebakaran-di-dunia/>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://pixabay.com/id/photos/rotterdam-pelabuhan-3144628/>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://www.indomiliter.com/truk-amfibi-rancangan-dislitbang-tni-ad/>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://kumparan.com/@kumparanbisnis/tank-harimau-buatan-pindad-dijual-rp-101-miliar-per-unit-1541684838585343836>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://jurnalbumi.com/knol/lahan-gambut/>. (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://wartawisata.id/2018/05/20/riau/> (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

<https://www.detakriaunews.com/berita-5-kabupatenkota-di-riau-berniat-bentuk-provinsi-riau-pesisir.html> (Diakses tanggal 5 Mei 2019, pukul 20.00 wib).

## **LAMPIRAN**

Lampiran A Penentuan Owner Requirement

Lampiran B Perhitungan Teknis Desain

Lampiran C Desain Rencana Garis

Lampiran D Desain Rencana Umum

Lampiran E Desain 3D

Lampiran B Perhitungan Ekonomis Desain

## **LAMPIRAN A**

### **Penentuan *Owner Requirement***

Perhitungan Kebutuhan Air

Untuk menentukan seberapa banyak air harus disediakan,  
Permen PU Nomor : 20/PRT/M/2009

Sumber : Permen PU no. 20 Tahun 2009

Ukuran	100,000	m	327,869	feet
Bangunan	100,000	m	327,869	feet
	1,000	m	3,279	feet

$$\text{Pasokan Air Minimum} = \frac{V}{ARK} \times AKK \times FB$$

ARK	7,000	(kawasan hutan)
AKK	1,000	(material dari kayu)
FB	0,500	(Jarak dengan bangunan terdekat)

Pasokan Air	25.175	US Galon	dimana :	1 US Galon	0,004	m <sup>3</sup>
	95	m <sup>3</sup>		1 meter	3,279	feet

Tabel 1 Rekapitulasi Wawancara dengan BPBD Provinsi Riau

No.	Kota/Kabupaten	Kapasitas Mobil Pemadam		Luas Daerah Tutupan	
1	Kuantan Singingi	6000	liter	1	Hektar
2	Indragiri Hulu	6000	liter	1	Hektar
3	Indragiri Hilir	7000	liter	1	Hektar
4	Pelalawan	6000	liter	2	Hektar
5	Siak	6000	liter	1	Hektar
6	Kampar	7000	liter	1	Hektar
7	Rokan Hulu	7000	liter	1	Hektar
8	Bengkalis	6000	liter	2	Hektar
9	Rokan Hilir	6000	liter	1	Hektar
10	Kepulauan Meranti	6000	liter	1	Hektar
11	Pekanbaru	7000	liter	2	Hektar
12	Dumai	6000	liter	2	Hektar

Rata-rata kapasitas mobil pemadam

= 6333,33 liter

Max kapasitas mobil pemadam

= 7000 liter

Min kapasitas mobil pemadam

= 6000 liter

Rata-rata luas daerah tutupan			
=	1,33	liter	
Max luas daerah tutupan			
=	2	liter	
Min luas daerah tutupan			
=	1	liter	
Payload			
=	7000	liter	
Luas Area Tutupan			
=	1	Hektar	

**LAMPIRAN B**  
**Perhitungan Teknis Desain**

## Penentuan Ukuran Utama Awal

### Ukuran Utama Data Kapal Awal dan Kapal Pembanding

Geosims Method             $(L_2/L_1)^3 = W_2/W_1$   
    K        =     $L_2/L_1$   
     $L_2/L_1 = 0,874$

Maka                            K        =    0,874  
    L Baru    =    10,48  
    B Baru    =    2,88  
    T Baru    =    1,22  
    H Baru    =    2,77

Tabel 1 Kapal pembanding untuk desain kapal

Kapal Pembanding							
No	Nama Kapal	Ukuran Utama (m)				DWT (ton)	Payload (ton)
		L	B	T	H		
1	LAV 300	6,40	2,54	1,19	1,98	5	3
2	TERREX ICV	7,02	2,70	1,29	2,15	10	7
3	PTS-2	12,00	3,30	1,40	3,17	18	12
4	BTR 3U	7,65	2,90	1,72	2,86	11	7,5
5	BTR-4E	7,87	2,96	1,83	3,05	11	7,5
6	BTR 90	7,64	3,20	1,79	2,98	11	7,5
7	EDT Enigma AMFV	7,50	3,00	1,80	3,00	10	7
8	Saur 01	7,80	2,80	1,51	2,52	11	7,5
9	VBTP-MR Guarani	6,90	2,70	1,40	2,34	5	3,5
10	WZ 551	6,65	2,80	1,73	2,89	5	3,5

## Perhitungan Koefisien Kapal

### 1. Koefisien blok

Ship Design for Efficiency and Economy hal. 26

$$\begin{aligned} C_b &= V / (L \cdot B \cdot T) \\ &= 0,94 \end{aligned}$$

### 2. Koefisien luas midship

Principle of Naval Architecture Vol I-Stability and Strength hal. 18

$$\begin{aligned} C_m &= AM / (T \cdot BM) & AM &= 3,449 \text{ m}^2 \\ &= 0,978 \end{aligned}$$

### 3. Koefisien prismatic

$$\begin{aligned} C_p &= \frac{C_B}{C_M} \\ &= \mathbf{0,963} \end{aligned}$$

### 4. Koefisien bidang garis air

Parametric Ship Design hal. 11 – 16

$$\begin{aligned} CWP &= 0.180 + 0.860 \cdot C_p \\ &= 0,945 \end{aligned}$$

### 5. Panjang garis air

$$LWL = 10,48 \text{ m}$$

### 6. Longitudinal center of bouyancy

Parametric Design hal. 11-19

$$\begin{aligned} \text{a. LCB (\%)} & & & = -0,732 \text{ m dari M} \\ &= 8.80 - 38.9 \cdot F_n \\ &= -6,985 \% \text{ LCB} \\ \text{b. LCB dari M} & & & \text{c. LCB dari AP (diambil dari desain)} \\ &= \frac{\text{LCB (\%)}}{100} \cdot L_{PP} & & = 23,753 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

### 7. Volume displacement

$$\begin{aligned} D &= V \cdot \rho \\ &= 24,347 \text{ ton} \end{aligned}$$

## Perhitungan Consummable

### PERHITUNGAN KONSUMSI BAHAN BAKAR

#### 1. Mesin Induk

Jumlah mesin	=	1	buah
<i>Operasional di laut</i>			
a. Kebutuhan mesin	=	96,6	Liter/Hour
Total	=	96,6	Liter/Hour
b. Lama digunakan (untuk sekali pergi-pulang)	=	50	menit
d. Vol. Yang dibutuhkan	=	80,5	Liter
Margin 15%	=	<b>92,575</b>	<b>Liter</b>

#### *Operasional di darat*

a. Kebutuhan mesin	=	2,5	km/liter
b. Jarak titik api kebakaran terjauh dari pantai	=	500	m
c. Asumsi jarak perjalanan datang-(ambil air-balik)2x-pergi	=	2500	m
d. Vol. Yang dibutuhkan	=	1	Liter
Margin 15%	=	<b>1,15</b>	<b>Liter</b>

#### 2. Genset

Kapasitas Fuel Tank	=	5	L/jam
Waktu digunakan	=	5	jam
Kebutuhan Bahan Bakar	=	<b>25</b>	<b>Liter</b>

#### 3. Pemadaman

a. Pompa Pemadam Kebakaran (Darat)	=	<b>22</b>	<b>Liter</b>
dan pompa air			
b. Pompa Pemadam Kebakaran Sistem Fifi 1			
- waktu pemadaman	=	4	jam
- Daya	=	1000	kW
- Specified Fuel Consumption	=	194	g/kw/hr
- penggunaan bahan bakar	=	776000	g/kw/hr
	=	776	kg/kw/hr
- Massa jenis solar	=	0,832	kg/L
- Volume	=	<b>932,692</b>	<b>Liter</b>
<b>TOTAL BAHAN BAKAR</b>	=	<b>1073,4</b>	<b>Liter</b>
		<b>0,893</b>	<b>ton</b>

## Perhitungan Hambatan Kapal

Rumus yang digunakan adalah formula Henschke (1978)

dalam formula tersebut tahanan tongkang dibagi menjadi dua komponen :

Tahanan angin dan Tahanan air

Tahanan Air

$$W = f \cdot s \cdot V^{1.83} + P \cdot F_x \cdot V^2$$

$$W = 7.694,26 \text{ kg}$$

$$W = 75,45 \text{ kN}$$

Tahanan Angin

$$W = 0,0041 \cdot (0,3A1 + A2) \cdot Va^2$$

$$W = 1,79 \text{ kg}$$

$$W = 0,020 \text{ kN}$$

Tahanan Total

$$W_{total} = W_{wind} + W_{water}$$

$$W_{tot} = 75,47 \text{ kN}$$

$$RT = W_{tot} + \text{margin } 15\%$$

$$86,7905 \text{ kN}$$

Dimana :

f = Konstanta bahan

s = Luas permukaan basah (m<sup>2</sup>)

P = Konstanta bentuk tongkang

F<sub>x</sub> = Luas penampang midship (m<sup>2</sup>)

A<sub>1</sub> = Luas penampang kapal diatas permukaan

A<sub>2</sub> = Luas transversal bangunan atas

V<sub>a</sub> = Kecepatan relatif angin (m/s)

L<sub>pp</sub> = 10,48 m

B = 2,88 m

T = 1,22 m

H = 2,77 m

f = Untuk bahan baja = 0,17

s = Rumus holtrop = 80,833

V = 8 knot

= 4,1152 m/s

P = 20

F<sub>x</sub> = 22,177 m<sup>2</sup>

A<sub>1</sub> = 85,815 m<sup>2</sup>

A<sub>2</sub> = 0 m<sup>2</sup>

V<sub>a</sub> = 8 knot

= 4,1152 m/s

## Perhitungan Propulsi

Dimana ;

$$\begin{aligned} RT &= \text{Tahanan total} \\ &= 86,791 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Vs &= \text{kecepatan kapal (m/s)} \\ &= 8 \text{ knot} \\ &= 4,115 \end{aligned}$$

$P_e = \text{EHP (Effective horse power)}$

$$\begin{aligned} P_e &= RT \cdot Vs \\ &= 357,160 \text{ kw} \\ &= 479 \text{ HP} \end{aligned}$$

$P_b = \text{BHP (Brake horse power)}$

$$\begin{aligned} P_b &= \frac{P_d}{\eta_s \cdot \eta_{rg}} \\ &= 689,957 \text{ kw} \\ &= 925 \text{ HP} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total } P_b &= 689,957 \text{ kw} \\ &= 925 \text{ Hp} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_s &= \text{shaft efficiency} \\ &= 0,98-0,985 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \eta_{rg} &= \text{reduction gear efficiency} \\ &= 0,98 \end{aligned}$$

$$\eta_d = 0,539$$

$P_d = \text{DHP (Delivered horse power)}$

$$\begin{aligned} P_d &= \frac{P_e}{\eta_d} \\ &= 662,635 \text{ kw} \\ &= 889 \text{ HP} \end{aligned}$$

## Analisis Jumlah Roda dan Ukuran Roda

Konfigurasi/susunan roda truk terbagi menjadi 3 kelompok

- yaitu:
1. konfigurasi roda truk untuk chassis panjang
  2. konfigurasi roda truk untuk kereta penarik
  3. konfigurasi roda truk untuk chassis panjang dan kereta penarik

No.	Tipe	Muatan	
1	Konfigurasi 2 sumbu roda dengan 4 ban	10	ton
2	Konfigurasi 2 sumbu roda dengan 6 ban	14	ton
3	konfigurasi 3 sumbu roda dengan 10 ban	19-24	ton
4	konfigurasi 4 sumbu roda dengan 12 ban	24-36	ton
5	konfigurasi 5 sumbu roda dengan 18 ban	44-46	ton
6	konfigurasi 6 sumbu roda dengan 22 ban	54-56	ton

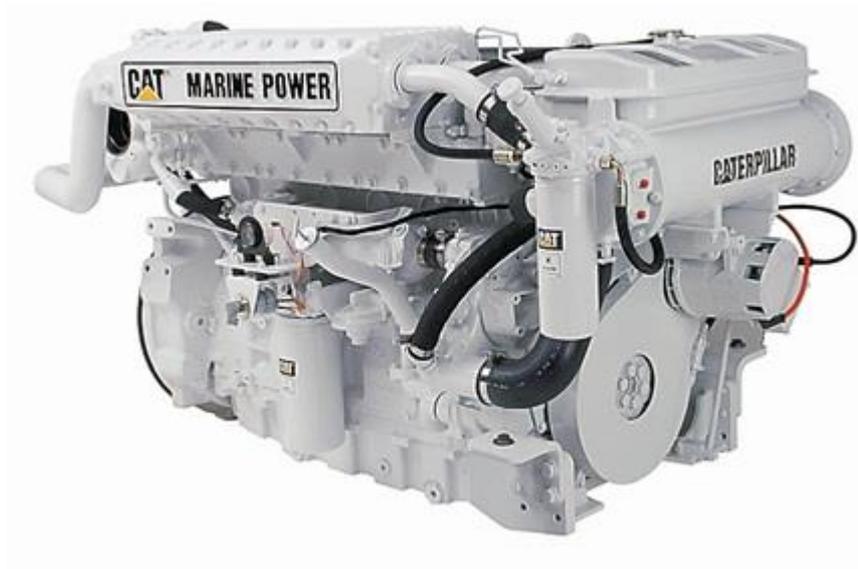
Berat Kapal			
1	LWT	13,15	ton
2	DWT	8,91	ton
	<b>Total Berat</b>	22,06	ton

dipilih untuk penggerak darat dipilih konfigurasi  
3 sumbu roda dengan 10 ban

Kriteria pemilihan ukuran roda

1	Load capacity	40 km/h 22,05 ton	
2	Tyres size		
	Rim	26	in
	Width	480	mm
	Diameter	1620	mm

## Pemilihan Daya Mesin



Gambar 1.0 Ilustrasi mesin yang dipilih

Tabel 1.0 Spesifikasi Teknis Mesin Induk

Merk	Cat	
Tipe	LE 453	
Power output	1.000	HP
Propulsive power	735	kw
Putaran mesin	1300-2100	RPM
Berat	1.780	kg
Dimensi	L = 1,745 m B = 1,153 m H = 1,177 m	
Harga	1.032.980.000	Rupiah



Gambar 2. Ilustrasi genset yang dipilih

Tabel 2.0. Spesifikasi *generator set*

Merk	Kohler	
Tipe	150EOZCJ	
Power output	200	HP
	150	kw
Berat	1,551	kg
Dimensi	L = 1,591 m B = 0,893 m H = 1,003 m	
Harga	406.068.000	Rupiah

## Perhitungan Beban

### Basic external dynamic load (P0)

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

$$C_0 = ((L/25)+4.1) \times Crw ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

$$C_0 = 3,380$$

$$C_B \text{ min} = 0,600$$

$$f = 1 \quad \text{untuk pelat kulit, geladak cuaca}$$

$$f = 0,75 \quad \text{untuk gading biasa, balok geladak}$$

$$f = 0,6 \quad \text{Untuk Gading Besar, Senta, Penumpu}$$

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

$$= 0,336$$

$$CRW = 0,75 ; \text{ untuk pelayaran lokal (L)}$$

$$P_0 = 0,2 \times (0,001 + 0,7) \times 0,003 \times 0,000 \times 1 \times 0,01$$

$$= 2,326 \text{ [kN/m}^2\text{]}$$

### Beban pelat sisi kapal

Tabel 1.0

	Range		Factor C <sub>D</sub>		Factor C <sub>F</sub>	
	0 ≤ x/L < 0,2		1,2 - x/L		1,0 + 5/C <sub>B</sub> [0,2 - x/L]	
A	x/L =	0,100	C <sub>D</sub> =	1,100	C <sub>F</sub> =	1,531
	0,2 ≤ x/L < 0,7		1		1	
M	x/L =	0,450	C <sub>D</sub> =	1	C <sub>F</sub> =	1
	0,7 ≤ x/L ≤ 1		1,0 + c/3 [x/L - 0,7]		1 + 20/C <sub>B</sub> [x/L - 0,7] <sup>2</sup>	
F	x/L =	0,850	c = 0,15 · L - 10			
			C <sub>D</sub> =	1,250	C <sub>F</sub> =	1,478

**daerah 0 ≤ x/L < 0.2 [A]**

$$P_0 = 2,326 \text{ kN/m}^2$$

untuk, Z<sub>1</sub> = 0,800 m (di bawah garis air)

$$10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / \dots) \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

$$P_s = T$$

$$= 10 (0,1 - 0,001) + 0,002 \times 0,002 \times (1 + 0,001/0,1)$$

$$= 10,122 \text{ kN/m}^2$$

untuk,  $Z_2 = 2,123 \text{ m}$  (di atas garis air)

$$P_S = 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T)$$

$$= 20 \times 0.002 \times 0.002 / (10 + 0.002 - 01)$$

$$= 6,535 \text{ kN/m}^2$$

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

untuk,  $Z_1 = 0,800 \text{ m}$  (di bawah garis air)

$$P_S = 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T)$$

$$= 10 (01 - 0.001) + 0.002 \times 1 \times (1 + 0.001/01)$$

$$= 8,080 \text{ kN/m}^2$$

untuk,  $Z_2 = 2,123 \text{ m}$  (di atas garis air)

$$P_S = 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T)$$

$$= 20 \times 0.002 \times 1 / (10 + 0.002 - 01)$$

$$= 4,269 \text{ kN/m}^2$$

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

untuk,  $z_1 = 0,800 \text{ m}$  (dibawah garis air)

$$P_S = 10 (T - Z) + P_0 \times C_F \times (1 + Z / T)$$

$$= 10 (01 - 0.001) + 0.002 \times 0.001 \times (1 + 0.001/01)$$

$$= 9,918 \text{ kN/m}^2$$

untuk,  $z_2 = 2,123 \text{ m}$  (diatas garis air)

$$P_S = 20 \times P_0 \times C_F / (10 + Z - T)$$

$$= 20 \times 0.002 \times 0.001 / (10 + 0.002 - 01)$$

$$= 6,308 \text{ kN/m}^2$$

**Rekapitulasi beban pada sisi kapal**

A	10,122	kN/m <sup>2</sup>
	6,535	kN/m <sup>3</sup>
M	8,080	kN/m <sup>2</sup>
	4,269	kN/m <sup>2</sup>
F	9,918	kN/m <sup>2</sup>
	6,308	kN/m <sup>2</sup>

diambil nilai maksimal, maka  
 $P_S = 10,122 \text{ kN/m}^2$

**Beban pada dasar kapal**

$$P_B = 10 \cdot T + P_0 \cdot C_F \quad (\text{Ref : BKI vol 2 section 4})$$

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

$$P_B = 10 \times 01 + 0.002 \times 0.002$$

$$= 15,793 \text{ kN/m}^2$$

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

$$P_B = 10 \times 01 + 0.002 \times 1$$

$$= 14,558 \text{ kN/m}^2$$

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

$$P_B = 10 \times 01 + 0.002 \times 0.001$$

$$= 15,670 \quad \text{kN/m}^2$$

### Rekapitulasi beban pada dasar kapal

A	15,793	kN/m <sup>2</sup>
M	14,558	kN/m <sup>2</sup>
F	15,670	kN/m <sup>2</sup>

diambil nilai maksimal, maka

$$P_B = 15,793 \quad \text{kN/m}^2$$

### Perbandingan beban sisi (PS) dengan beban dasar (PB)

$$PS = 10,122 \text{ kN/m}^2$$

$$PB = 15,793 \text{ kN/m}^2$$

### Diambil beban yang paling besar, maka beban maksimal pada hull

$$P = 15,793 \text{ kN/m}^2$$

## Perhitungan Tebal Pelat

### Jarak Gading (a)

Jarak yang diukur dari pinggir mal ke pinggir mal gading.

$$L = 10,17 \text{ m}$$

$$a_0 = L/500 + 0,48 \text{ m (Ref: BKI 98)}$$

$$= (010 / 500) + 0.48$$

$$= 0,50 \text{ m, diambil : } a = 0,60 \text{ m}$$

Tebal Pelat Minimum

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

$$= (1.5 - 0.01 \times 010) \times (010 \times 1)^{1/2}$$

$$= 4,459 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

$$T_{\max} = 16 \text{ mm}$$

### 1. Tebal Pelat Alas

untuk 0.4 L amidship :

$$t_{B1} = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (PB \cdot k)^{1/2} + t_K ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

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

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

dimana :

$$k = \text{Faktor material berdasarkan BKI section 2.B.2}$$

$$k = 1$$

$$n_f = 1, \text{ Untuk Konstruksi melintang}$$

$$n_f = 0,83, \text{ Untuk Konstruksi memanjang}$$

$$a = \text{jarak gading}$$

$$a = 0,60 \text{ m}$$

$$t_K = 1,5 \text{ untuk } t' < 10 \text{ mm}$$

$$t_K = (0,1 \cdot t' / k^{1/2}) + 0,5, \text{ untuk } t' > 10 \text{ mm (max 3 mm)}$$

**daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A], diambil  $0.1 x/L$**

$$PB = 15,793 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} tB1 &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times 1) + tK \\ &= 4,530 + tK \\ &= 0.005 + 02 \\ &= 6,030 \text{ mm} \gg 8 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tB2 &= 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times 1) + tK \\ &= ,885 + tK \\ &= 0.003 + 02 \\ &= 4,385 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M], diambil  $0.45 x/L$**

$$PB = 14,558 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} tB1 &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times 1) + tK \\ &= 4,350 + tK \\ &= 0.004 + 02 \\ &= 5,850 \text{ mm} \gg 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

**daerah  $0.7 \leq x/L$  [F], diambil  $0.85 x/L$**

$$PB = 15,670 \text{ kN/m}^2$$

$$\begin{aligned} tB1 &= 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times 1) + tK \\ &= 4,513 + tK \\ &= 0.005 + 02 \\ &= 6,013 \text{ mm} \gg 7 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} tB2 &= 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.016 \times 1) + tK \\ &= 2,874 + tK \\ &= 0.003 + 02 \\ &= 4,374 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm} \end{aligned}$$

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

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

Rekapitulasi tebal pelat alas :

A	8	mm
M	7	mm
F	7	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka

t alas = 8 mm

## 2. Tebal Pelat Sisi

untuk 0.4 L amidship :

$$tS1 = 1,9 \cdot n_f \cdot a \cdot (PS \cdot k)^{1/2} + tK ; \text{ untuk } L < 90 \text{ m}$$

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

$$tS2 = 1,21 \cdot a \cdot (PS \cdot k)^{1/2} + tK$$

dimana :

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

k = 1

n<sub>f</sub> = 1, Untuk Konstruksi melintang

n<sub>f</sub> = 0,83, Untuk Konstruksi memanjang

a = jarak gading

a = 0,60 m

t<sub>K</sub> = 1,5, untuk t' < 10 mm

t<sub>K</sub> = (0,1 · t' / k<sup>1/2</sup>) + 0,5, untuk t' > 10 mm (max 3 mm)

**daerah  $0 \leq x/L < 0.2$  [A], diambil 0.106 L**

PS = 10,122 kN/m<sup>2</sup>

tS1 = 1.9 x 1 x 001 x SQRT(0.010 x 1) + tK

= 3,627 + tK

= 0.004 + 02

= 5,127 mm » 6 mm

tS2 = 1.21 x 001 x SQRT(0.010 x 1) + tK

$$= 2,310 + tK$$

$$= 0.002 + 02$$

$$= 3,810 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

PS2 = 6,535 kN/m<sup>2</sup>, di atas garis air

$$tS1 = 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.007 \times 1) + tK$$

$$= 2,355 + tK$$

$$= 0.002 + 02$$

$$= 3,855 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

$$tS2 = 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.007 \times 1) + tK$$

$$= 1,856 + tK$$

$$= 0.002 + 02$$

$$= 3,356 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

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

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

**daerah  $0.2 \leq x/L < 0.7$  [M], diambil 0.529 L**

PS1 = 8,080 kN/m<sup>2</sup>, di bawah garis air

$$tS1 = 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.008 \times 1) + tK$$

$$= 3,240 + tK$$

$$= 0.003 + 02$$

$$= 4,740 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

PS2 = 4,269 kN/m<sup>2</sup> di atas garis air

$$tS1 = 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.004 \times 1) + tK$$

$$= 2,355 + tK$$

$$= 0.002 + 02$$

$$= 3,855 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

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

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

daerah  $0.7 \leq x/L$  [F], diambil 0.812 L

PS1 = 9,918 kN/m<sup>2</sup>, di bawah garis air

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.010 \times 1) + t_K$$

$$= 3,590 + t_K$$

$$= 0.004 + 02$$

$$= 4,590 \text{ mm} \gg 6 \text{ mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.010 \times 1) + t_K$$

$$= 2,286 + t_K$$

$$= 0.002 + 02$$

$$= 3,786 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

PS2 = 6,308 kN/m<sup>2</sup>, di atas garis air

$$t_{S1} = 1.9 \times 1 \times 001 \times \text{SQRT}(0.006 \times 1) + t_K$$

$$= 2,863 + t_K$$

$$= 0.003 + 02$$

$$= 4,363 \text{ mm} \gg 5 \text{ mm}$$

$$t_{S2} = 1.21 \times 001 \times \text{SQRT}(0.006 \times 1) + t_K$$

$$= 1,823 + t_K$$

$$= 0.003 + 02$$

$$= 3,323 \text{ mm} \gg 4 \text{ mm}$$

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

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

Rekapitulasi tebal pelat sisi :

A	6	mm
M	6	mm
F	6	mm

diambil nilai t yang paling besar, maka

t sisi = 6 mm

**Rekapitulasi tebal pelat keseluruhan :**

	<b>A</b>	<b>M</b>	<b>F</b>	<b>Diambil</b>	<b>Unit</b>
<b>Pelat alas</b>	8	7	7	8	mm
<b>Pelat sisi</b>	6	6	6	8	mm

untuk memudahkan dalam perhitungan berat baja lambung kapal, maka tebal pelat

yang digunakan untuk pembangunan kapal ini adalah

Tebal pelat alas = 8 mm

Tebal pelat sisi = 8 mm

### Perhitungan Berat DWT dan LWT

<b>Berat Kapal Bagian DWT</b>			
No	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b><i>Payload</i></b>		
	Berat <i>payload</i>	7,000	ton
	<b>Berat total</b>	<b>7,000</b>	<b>ton</b>
<b>2</b>	<b>Berat Crew Kapal dan Barang Bawaan</b>		
	Jumlah <i>crew</i> kapal	8	persons
	Berat <i>crew</i> kapal	80	kg/persons
	Berat barang bawaan	3	kg/persons
	Berat total <i>crew</i> kapal	640	kg
	Berat total barang bawaan <i>crew</i> kapal	24	kg
	<b>Berat total</b>	664	kg
		<b>0,664</b>	<b>ton</b>
3	<b><i>consummable</i></b>	<b>1,246</b>	<b>ton</b>
<b>Total Berat Bagian DWT</b>			
No	Komponen Berat Kapal Bagian DWT	Value	Unit
1	Berat <i>payload</i>	7,000	ton
2	Berat <i>Crew</i> Kapal dan Barang Bawaan	0,664	ton
3	Berat <i>Consummable</i>	1,246	ton
	<b>Total</b>	<b>8,910</b>	<b>ton</b>
<b>Berat Kapal Bagian LWT</b>			
No	Item	Value	Unit
<b>1</b>	<b>Berat Alas dan Sisi Kapal</b>		
	<i>Dari software Maxsurf Pro &amp; Autocad, didapatkan luasan permukaan lambung kapal</i>		
	Total luasan lambung kapal	111,647	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat lambung	8	mm
		0,008	m
	<i>Volume shell plate</i> = luas x tebal	0,893	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>	7011,432	kg
			<b>7,011</b>
<b>2</b>	<b>Berat Geladak (<i>deck</i>) Kapal</b>		
	<i>Dari software Maxsurf Pro, didapatkan luasan permukaan geladak kapal</i>		
	Total luasan geladak kapal	0,000	m <sup>2</sup>
	Tebal pelat geladak	5	mm
		0,005	m
<i>Volume shell plate</i> = luas x tebal	0,000	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>	0,000	kg
		<b>0,000</b>	<b>ton</b>
<b>3</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	7,011	ton
	20% dari berat baja kapal	1,402	ton
	<b>Berat Konstruksi Total</b>	<b>1,402</b>	<b>ton</b>
	<b>Berat Baja total</b>	<b>8,414</b>	<b>ton</b>
	<b>Berat Railing</b>		
	<i>Panjang railing didapatkan dari pengukuran railing dari rancangan umum</i>		
	<i>material railing menggunakan pipa aluminium dengan tebal 2 mm</i>		
	Panjang Railing	24,140	m
	Diameter pipa	0,050	m
	Tebal pipa	2,000	mm
		0,002	m
	Luas permukaan railing	3,792	m <sup>2</sup>
	<i>Volume railing = luas x tebal</i>	0,008	m <sup>3</sup>
	<i>r</i> aluminium	2,7	gr/cm <sup>3</sup>
		2700	kg/m <sup>3</sup>
	<b>Berat Total</b>	<b>20,476</b>	<b>kg</b>
		<b>0,020</b>	<b>ton</b>
	<b>Equipment &amp; Outfitting</b>		
	Jangkar	80	kg
	Peralatan Navigasi	50	kg
	Peralatan Komunikasi	50	kg
	Peralatan Keselamatan	100	kg
	Peralatan Pemadam Kebakaran	100	kg
	<b>Berat Total</b>	380	kg
		0,380	ton
	<b>Genset</b>		
	Jumlah	1	Unit
	Berat	1551	kg
	<b>Berat Total</b>	1551	kg
		1,551	ton

7	<b>Mesin induk</b>		
	<i>MAN Engine LE 453</i>		
	Jumlah	1	unit
	Berat	1,780	ton
	<b>Berat Total</b>	1,780	kg
		<b>0,002</b>	<b>ton</b>
8	<b>Roda</b>		
	<i>Nokian MPT Agile</i>		
	Jumlah	<b>10</b>	<b>unit</b>
	Berat	<b>1</b>	<b>ton</b>
	<b>Berat Total</b>	<b>10,000</b>	<b>kg</b>
		<b>0,010</b>	<b>ton</b>

<b>Total Berat Bagian LWT</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen Berat Kapal Bagian LWT</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
1	Berat Alas dan Sisi Kapal	7,011	ton
2	Berat Geladak ( <i>deck</i> ) Kapal	0,000	ton
3	Berat Konstruksi Lambung Kapal	1,402	ton
4	<i>Equipment &amp; Outfitting</i>	0,380	ton
5	Berat mesin induk	1,780	ton
6	<i>Generator Set (Genset)</i>	1,551	ton
7	Berat Railing	0,020	ton
8	Roda	1,000	ton
	<b>Total</b>	<b>13,145</b>	<b>ton</b>

<b>Total Berat Kapal (DWT + LWT)</b>			
<b>No</b>	<b>Komponen Berat Kapal</b>	<b>Value</b>	<b>Unit</b>
1	Berat Kapal Bagian DWT	8,910	ton
2	Berat Kapal Bagian LWT	13,145	ton
	<b>Total</b>	<b>22,055</b>	<b>ton</b>

## Perhitungan Trim

Perhitungan Trim

*Chapter 11 Parametric Design , Michael G. Parsons*

Perhitungan :

Sifat Hidrostatik

### 1. KB

$$\begin{aligned} \text{KB/T} &= 0.9 - 0.3 \cdot \text{CM} - 0.1 \cdot \text{CB}, \text{ Parametric Ship Design hal. 11 - 18} \\ &= 0,5124 \end{aligned}$$

$$\text{KB} = 0,626756386 \text{ m}$$

### 2. BMT

$$\begin{aligned} \text{CI} &= 0.1216 \cdot \text{CWP} - 0.041, \text{ Transverse Inertia Coeff} \\ &= 0,073912, \text{ Parametric Ship Design hal. 11-19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{IT} &= \text{CI} \cdot \text{LPP} \cdot \text{B}^3 \\ &= 18,57310281 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BMT} &= \text{IT} / \nabla ; \text{ jarak B dan M secara melintang} \\ &= 0,237234676 \text{ m} \end{aligned}$$

### 3. BML

$$\text{CIL} = 0.350 \cdot \text{CWP2} - 0.405 \cdot \text{CWP} + 0.146$$

*Longitudinal Inertia Coefficient*

$$= 0,07583375$$

$$\begin{aligned} \text{IL} &= \text{CIL} \cdot \text{LPP}^3 \cdot \text{B} \\ &= 251,9803376 \text{ m}^4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{BML} &= \text{IL} / \nabla ; \text{ jarak B dan M secara melintang} \\ &= 3,218550742 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{4. GML} &= \text{KB} + \text{BML} - \text{KG} \\ &= 3,156307128 \end{aligned}$$

5. Trim = ; Parametric Ship Design, hal 11 - 27

$$= 0,577980051 \text{ m}$$

Kondisi Trim

**Trim Haluan**

6. Batasan Trim

$\Delta$  (LCG - LCB)

$$= 0,17 \text{ ---> Absolute} = 0,174$$

$$0.1 \cdot LPP = 1,04843825$$

Kondisi Batasan Trim

**Diterima**

## Perhitungan Lambung Timbul

Perhitung lambung timbul kapal dengan panjang kurang dari 24 m tidak dapat menggunakan ketentuan Internasional Convention on Load Lines (ICLL) 1966. Oleh sebab itu, perhitungan lambung timbul menggunakan aturan Non-Convention Vessel Standart (NCVS) Indonesian Flagged.

Input Data

$$H = 2,77 \text{ m}$$

$$\text{displacement} = 24,35 \text{ m}^3$$

$$d = 0.85 \cdot H \\ = 2,35 \text{ m}$$

$$B = 3 \text{ m}$$

$$CB = 0,942$$

$$L = Lwl \\ = 10,48 \text{ m}$$

$$L = 10,48 \text{ m}$$

### 1. Tipe Kapal

(NCVS) Indonesian Flagged - Chapter 6 Section 5.1.2 menyebutkan bahwa :

Kapal Tipe A adalah :

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

Kapal Tipe B adalah selain kapal Tipe A.

Sehingga kapal pemadam kebakaran amphi termasuk kapal Tipe A

### 2. Lambung Timbul Standar (Fb1)

$$Fb1 = 0,8 L \text{ cm, Untuk kapal dengan } L < 50 \text{ m}$$

$$Fb1 = 8,388 \text{ cm}$$

$$= 0,084 \text{ m}$$

Koreksi

### 1. Koefisien Block

Koreksi CB hanya untuk kapal dengan  $CB > 0.68$

$$CB = 0,942, \text{ Tidak ada koreksi}$$

### 2. Depth (D)

$$L/15 = 0,699$$

$$D = 1 \text{ m}$$

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

jika,  $D > L/15$  ; lambung timbul standar ditambah dengan  $20 (D - L/15)$  cm

$D > L/15$  maka,

$$\begin{aligned} \text{Koreksi} &= 20 (2 - 0,864) \\ &= 6,021 \text{ cm} = 0,060 \text{ m} \end{aligned}$$

$$Fb2 = 0,144 \text{ m}$$

### 3. Koreksi Bangunan Atas

Kapal tidak memiliki bangunan atas, maka tidak ada koreksi bangunan atas. Sehingga, koreksi pengurangan lambung timbul bangunan atas

$$= 0 \text{ m}$$

Total Lambung Timbul

$$\begin{aligned} Fb' &= Fb2 - \text{Pengurangan} \\ &= 0,14 \text{ m} \end{aligned}$$

Ketinggian Bow Minimum (BWM)

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

Batasan

### 1. Lambung Timbul Sebenarnya

$$F_b = H - T$$

$$= 0,770 \quad \text{m}$$

Lambung Timbul Sebenarnya harus lebih besar dari Lambung Timbul Total

Kondisi = **Diterima**

## Perhitungan Stabilitas

### Rekapitulasi Perhitungan Stabilitas

Kondisi muatan penuh, bahan bakar penuh

1 A30 min = 3,151 meter.derajat

A30 = 3,487 meter.derajat

Kondisi = Accepted

2 Daerah di bawah kurva antara  $\theta = 30^\circ$  dan  $\theta = 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian. (1.719 m.deg)

A30-40 min = 1,719 meter.derajat

A30-40 = 2,039 meter.derajat

Kondisi = Accepted

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

Gz 30o min = 0,200 meter

Gz 30o = 0,235 meter

Kondisi = Accepted

4 Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 25 derajat

GZmax min =  $15^\circ$  derajat

GZmax =  $69^\circ$  derajat

Kondisi = Accepted

5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

GM min = 0,150 meter

GM = 0,517 meter

Kondisi = Accepted

Kondisi muatan penuh, bahan bakar 10%

1 Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055$  m.rad (3.151 m.deg)

A30 min = 3,151 meter.derajat

A30 = 3,658 meter.derajat

Kondisi = Accepted

- 2 Daerah di bawah kurva antara  $\theta = 30^\circ$  dan  $\theta = 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian. (1.719 m.deg)

A30-40 min = 1,719 meter.derajat

A30-40 = 2,168 meter.derajat

Kondisi = Accepted

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

Gz 30o min = 0,200 meter

Gz 30o = 0,253 meter

Kondisi = Accepted

- 4 Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 25 derajat

GZmax min =  $15^\circ$  derajat

GZmax =  $69^\circ$  derajat

Kondisi = Accepted

- 5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

GM min = 0,150 meter

GM = 0,525 meter

Kondisi = Accepted

Kondisi muatan 50%, bahan bakar 100%

- 1 Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055$  m.rad (3.151 m.deg)

A30 min = 3,151 meter.derajat

A30 = 3,188 meter.derajat

Kondisi = Accepted

2 Daerah di bawah kurva antara  $\theta = 30^\circ$  dan  $\theta = 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian. (1.719 m.deg)

A30-40 min = 1,719 meter.derajat

A30-40 = 1,994 meter.derajat

Kondisi = Accepted

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

Gz 30o min = 0,200 meter

Gz 30o = 0,233 meter

Kondisi = Accepted

4 Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 25 derajat

GZmax min =  $25^\circ$  derajat

GZmax =  $64^\circ$  derajat

Kondisi = Accepted

5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

GM min = 0,150 meter

GM = 0,464 meter

Kondisi = Accepted

Muatan muatan 50%, bahan bakar 10%

1 Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055$  m.rad (3.151 m.deg)

A30 min = 3,151 meter.derajat

A30 = 3,278 meter.derajat

Kondisi = Accepted

2 Daerah di bawah kurva antara  $\theta = 30^\circ$  dan  $\theta = 40^\circ$  tidak boleh kurang dari 0,03 meter radian. (1.719 m.deg)

A30-40 min = 1,719 meter.derajat

A30-40 = 2,122 meter.derajat

Kondisi = Accepted

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

Gz 30o min = 0,200 meter

Gz 30o = 0,256 meter

Kondisi = Accepted

4 Lengan penegak maksimal harus terjadi pada sudut minimal 25 derajat

GZmax min = 15° derajat

GZmax = 66° derajat

Kondisi = Accepted

5 Ketinggian metasenter (GM) tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

GM min = 0,150 meter

GM = 0,473 meter

Kondisi = Accepted

**LAMPIRAN C**  
**Desain Rencana Garis**

**LAMPIRAN D**  
**Desain Rencana Umum**

**LAMPIRAN D**  
**DESAIN 3D**

**LAMPIRAN E**  
**PERHITUNGAN EKONOMIS**

Biaya pembangunan kapal terdiri dari enam komponen, yaitu Lambung, Peralatan Navigasi, Peralatan Keselamatan, Instalasi Mesin, Instalasi Listrik, dan Perlengkapan Pemadam Kebakaran.

Tabel 1.0. Perhitungan harga komponen lambung kapal

No	Material	Merk	Berat (kg)	Harga Satuan	Total
1	Pelat dan konstruksi lain	-	8414,00	Rp. 30.000	Rp. 252.420.000
2	Roda dan velg	Nokian MPT Agile	10	Rp. 22.880.000	Rp. 228.800.000
3	Chassis		3608,08	Rp. 6.414	Rp. 23.142.210
Total					Rp. 504.362.210

Tabel 1.1. Perhitungan harga komponen navigasi kapal

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Kemudi	-	1	Rp 203.425	Rp 203.425
2	Radar		1	Rp 7.124.000	Rp 7.124.000
3	Kompas		1	Rp 2.849.600	Rp 2.849.600
4	GPS		1	Rp 3.562.000	Rp 3.562.000
5	Lampu navigasi		6	Rp 213.720	Rp 1.282.320
Total					Rp 15.021.345

Tabel 1.2. Perhitungan harga komponen keselamatan kapal

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	<i>Lifebouy</i>	Safe-T-Relf Life Buoy	4	Rp 650.000	Rp 2.600.000
2	<i>Fire helmet</i>		10	Rp 850.000	Rp 8.500.000
3	<i>Fire jacket</i>		10	Rp 1.400.000	Rp 14.000.000
4	<i>Life jacket</i>		10	Rp 865.000	Rp 8.650.000
5	Kursi jok		10	Rp 3.500.000	Rp 35.000.000
Total					Rp 68.750.000

Tabel 1.3. Perhitungan harga komponen permesinan kapal

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	<i>Fire pump</i>	waterous PB 18-4025	1	Rp 16.500.000	Rp 16.500.000
2	<i>Water pump</i>	waterous PB 18-4025	1	Rp 16.500.000	Rp 16.500.000
3	Pompa sistem fifi 1	Jason	1	Rp 10.000.000	Rp 10.000.000
4	Mesin induk	MAN Engine(LE- 453)	1	Rp 1.032.980.000	Rp 1.032.980.000
5	<i>Power take off</i>	Hino Jumbo	1	Rp 2.250.000	Rp 2.250.000
6	<i>Jet nozzle</i>	Jason	1	Rp 1.250.000	Rp 1.250.000
<b>Total</b>					Rp 1.079.480.000

Tabel 1.4. Perhitungan harga komponen kelistrikan

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	Lampu sorot	Strobo Patroli Rotator	1	Rp 3.123.800.	Rp 3.123.800.
2	Lampu sorot	waterous PB 18-4025	2	Rp 450.000.	Rp 900.000
3	Genset	Kohler (150EOZCJ)	1	Rp 406.068.000	Rp 406.068.000
<b>Total</b>					Rp 410.091.800

Tabel 1.5. Perhitungan harga komponen pemadam kebakaran

No	Material	Merk	Jumlah	Harga Satuan	Total
1	<i>Fire Inguisting ABC Dry Chemical Powder</i>	waterous PB 18-4025	1	Rp 572.000.	Rp 572.000
2	<i>Fire axe</i>	Kohler (150EOZCJ)	8	Rp 360.000	Rp 2.880.000
3	<i>Fire hose (20 m)</i>		2	Rp 1.430.000	Rp 6.205.000

	<i>Fire hose (10m)</i>		2	Rp 357.500	
	<i>Fire hose (5m)</i>		2	Rp 715.000	
4	Cangkul	Krisbow	8	Rp150.000	
<b>Total</b>					Rp 11.957.000

Tabel 1.6. Rekapitulasi biaya pembangunan kapal

No	Item	Value
1	Lambung	Rp 504.362.210
2	Peralatan Navigasi	Rp 15.021.345
3	Peralatan Keselamatan	Rp 68.750.000
4	Instalasi Mesin	Rp 1.079.480.000
5	Instalasi Listrik	Rp 410.091.800
6	Perlengkapan Pemadam Kebakaran	Rp 9.657.000
<b>Total Harga (Rupiah)</b>		Rp 2.087.362.355

Tabel 1.6. Perhitungan biaya variabel harga kapal

No	Item	Nilai	Unit
1	Biaya variabel pembangunan	730.576.824	Rp.
2	Keuntungan galangan		
	5% dari biaya pembangunan awal		
	Besar keuntungan galangan	104.368.118	Rp.
3	Inflasi		
	3% dari biaya pembangunan awal		
	Besar biaya inflasi	62.620.871	Rp.
4	Pajak pemerintah		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya dukungan dari pemerintah	208.736.236	Rp.

Total biaya variabel	375.725.224	Rp.
----------------------	-------------	-----

Harga jual kapal (*price*) dapat dihitung dengan metode sebagai berikut :

= Biaya variabel + Harga pokok produksi + Inflasi + Keuntungan galangan - Pajak

= Rp. 2.776.191.932,63 .



## BIODATA PENULIS



Nyoman Satria Kumala, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Surabaya pada 7 Juli 1992 silam, Penulis merupakan anak pertama dalam keluarga. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada SDN 255, kemudian melanjutkan ke SMPN 31 Surabaya dan SMAN 3 Surabaya. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2011 melalui jalur SNMPTN tulis.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff staff* Departemen Riset dan Teknologi Himatekpal 2013/2014. Selan itu, Penulis juga pernah menjadi peserta PKM Tingkat ITS dan beberapa penulisan ilmiah lain.

Email: [nyoman11@mhs.na.its.ac.id](mailto:nyoman11@mhs.na.its.ac.id)/[satria.kumalaa@gmail.com](mailto:satria.kumalaa@gmail.com)