



**TUGAS AKHIR – MN 141581**

**OPTIMISASI UKURAN UTAMA KAPAL *ROLL ON -  
ROLL OFF* (RO-RO) MENGGUNAKAN *SOFTWARE  
VISUAL BASIC* DAN *MAXSURF***

**Rahardian Ahmad Fauzi  
NRP 0411144000048**

**Dosen Pembimbing  
Hasanudin, S.T., M.T.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**





**TUGAS AKHIR – MN 141581**

**OPTIMISASI UKURAN UTAMA KAPAL *ROLL ON -  
ROLL OFF* (RO-RO) MENGGUNAKAN *SOFTWARE  
VISUAL BASIC* DAN *MAXSURF***

**Rahardian Ahmad Fauzi  
NRP 0411144000048**

**Dosen Pembimbing  
Hasanudin, S.T., M.T.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2018**



---

**FINAL PROJECT – MN 141581**

**OPTIMIZATION OF ROLL ON – ROLL OFF (RO-RO)  
SHIP MAIN DIMENSIONS USING VISUAL BASIC AND  
MAXSURF SOFTWARE**

**Rahardian Ahmad Fauzi  
NRP 0411144000048**

**Supervisor  
Hasanudin, S.T., M.T.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING  
ENGINEERING  
FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY  
SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY  
SURABAYA  
2018**

## LEMBAR PENGESAHAN

### **OPTIMISASI UKURAN UTAMA KAPAL *ROLL ON - ROLL OFF (RO-RO)* MENGGUNAKAN *SOFTWARE VISUAL BASIC* DAN *MAXSURF***

#### TUGAS AKHIR

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RAHARDIAN AHMAD FAUZI**  
NRP 0411144000048

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II



Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.  
NPP 1993201712045

Dosen Pembimbing I



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

Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan



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

SURABAYA, 12 Juli 2018

## LEMBAR REVISI

### OPTIMISASI UKURAN UTAMA KAPAL *ROLL ON - ROLL OFF (RO-RO)* MENGGUNAKAN *SOFTWARE VISUAL BASIC* DAN *MAXSURF*

#### TUGAS AKHIR

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 6 Juli 2018

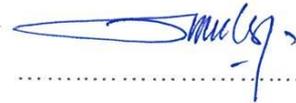
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**RAHARDIAN AHMAD FAUZI**  
NRP 0411144000048

Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

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



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



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



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

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



2. Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.



SURABAYA, 12 Juli 2018

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT 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. Kedua orang tua Penulis atas semangat, dukungan dan motivasi hingga akhirnya Tugas Akhir ini dapat terselesaikan;
2. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. dan Bu Gita Marina Ahadyanti S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing atas bimbingan dan motivasinya selama pengerjaan dan penyusunan Tugas Akhir ini;
3. Bapak Hasanudin, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Desain Kapal Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS atas bantuannya selama pengerjaan Tugas Akhir ini dan atas ijin pemakaian fasilitas laboratorium;
4. Seluruh dosen serta civitas akademik Departemen Teknik Perkapalan ITS yang memberikan arahan dan bantuan kepada penulis;
5. Teman seperjuangan Byan, El, Pieter, Mas Rizki, Ega, Karina, Raka dan Majid atas bantuan dan kerja samanya selama proses pengerjaan Tugas Akhir;
6. Teman – teman kontrakan E107, Ilham, Gusti BS, Reza, Tumpil, Tanto, Azwin, Fafa, dan Gusti P yang sudah memberikan banyak dukungan selama di perkuliahan.
7. Aryo P, Alvinur, Uun, Dika, Awang, Arras, Adit, Pace Dul, Refdi, dan Haidar serta teman - teman P54 Deadrise yang tidak bisa disebutkan satu persatu atas bantuan, canda, tawa, dan hiburannya selama menjalani masa perkuliahan.

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, 12 Juli 2018

Rahardian Ahmad Fauzi

# **OPTIMISASI UKURAN UTAMA KAPAL *ROLL ON - ROLL OFF (RO-RO)* MENGGUNAKAN *SOFTWARE VISUAL BASIC* DAN *MAXSURF***

Nama Mahasiswa : Rahardian Ahmad Fauzi  
NRP : 0411144000048  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : Hasanudin, S.T., M.T.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.

## **ABSTRAK**

Kapal ferry Ro-Ro adalah moda transportasi yang paling banyak digunakan untuk menghubungkan pulau-pulau di Indonesia. Di Indonesia intensitas bencana karena faktor alam relatif tinggi, sehingga banyak kapal ferry Ro-Ro yang mengalami kecelakaan. Selain karena faktor alam kecelakaan kapal ini juga terjadi akibat karakteristik kapal yang kurang sesuai untuk kondisi alam daerah tersebut. Oleh sebab itu, penggunaan metode optimasi sangat tepat untuk menyelesaikan persoalan ini dengan menghasilkan desain kapal baru yang memiliki karakteristik teknis yang lebih sesuai dengan kondisi perairan di rute pelayaran tersebut. Salah satu rute pelayaran yang sering terjadi kecelakaan adalah rute Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka. Metode optimasi yang digunakan adalah global optimization dengan menggunakan artificial neural network. Optimasi dilakukan dengan menggunakan software visual basic dan maxsurf dengan studi kasus kapal ferry (Ro-Ro) rute Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka. Dari hasil optimisasi yang dilakukan dengan 1-10 nilai train, didapatkan ukuran utama yang memenuhi batasan optimisasi dan ukuran utama yang paling optimum adalah Lpp : 56,258 m, B : 12,88 m H : 4,046 m dan T : 2,592 m dan fungsi objektif yaitu meminimumkan biaya pembangunan kapal dengan nilai \$ 8.523.954,64. Perbandingan estimasi biaya pembangunan kapal existing dan estimasi biaya pembangunan hasil optimasi adalah 10,58 % dengan selisih biaya pembangunan sebesar \$ 1.008.473,03. Sehingga hasil optimasi tersebut menghasilkan fungsi objektif yang lebih optimum.

Kata kunci: *Ferry Ro-Ro, Global Optimization, visual basic for application, maxsurf.*

# **OPTIMIZATION OF ROLL ON – ROLL OFF (RO-RO) SHIP MAIN DIMENSIONS USING VISUAL BASIC AND MAXSURF SOFTWARE**

Author : Rahardian Ahmad Fauzi  
Student Number : 04111440000048  
Department / Faculty : Naval Architecture / Marine Technology  
Supervisor : Hasanudin, S.T., M.T.  
Gita Marina Ahadyanti, S.T., M.T.

## **ABSTRACT**

Ferry Ro-Ro ship is the most used public transportation to connect islands of Indonesia. Indonesia natural disaster relatively high, many of Ferry Ro-Ro ship have an accident. In addition to natural causes of ship accident factors also occur due to ship characteristics that are less appropriate for the natural conditions of the area. Therefore, the use of optimization methods is very appropriate to solve this problem by producing a new ship design that has technical characteristics that are more suitable to the conditions of the waters on the shipping route. One of the most frequent cruise shipping routes is the route of Bajoe Port - Kolaka Port. The optimization method used is a global optimization, using artificial neural network optimization. The software used to optimization is visual basic and maxsurf. From the result of global optimization with 1-10 train number, obtained main size combinations that meet the limits of optimization and the optimum of main size is Lpp : 56.258 m, B : 12.88 m H : 4.046 m dan T : 2.592 m and the objective function is to minimize the cost of ship building with the value is \$ 8.523.954,64. The comparison of estimate of existing ship building cost and estimated cost of optimization result is 10.58 % with different of building cost is \$ 1.008.473,03. So optimization result produce more optimum objective functions.

*Keywords: Ferry Ro-Ro, Global Optimization, visual basic for application, maxsurf.*

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
LEMBAR REVISI.....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
HALAMAN PERUNTUKAN.....	v
KATA PENGANTAR.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xi
DAFTAR TABEL .....	xii
DAFTAR SIMBOL .....	xiii
Bab I PENDAHULUAN .....	1
I.1.    Latar Belakang Masalah.....	1
I.2.    Perumusan Masalah.....	2
I.3.    Tujuan.....	2
I.4.    Batasan Masalah.....	2
I.5.    Manfaat.....	3
I.6.    Hipotesis.....	3
Bab II STUDI LITERATUR .....	5
II.1.    Dasar Teori.....	5
II.1.1.    Roll on/Roll off (Ro-Ro ) .....	5
II.1.2.    Desain Kapal.....	6
II.1.3.    Teori Optimisasi .....	9
II.1.4.    Hubungan <i>Visual Basic for Application</i> dan <i>Maxsurf</i> .....	14
II.1.5.    Tinjauan Teknis Desain Kapal .....	15
II.2.    Tinjauan Pustaka .....	27
II.2.1.    Penelitian Menggunakan Teknik Optimisasi .....	27
II.2.2.    Penyeberangan Pelabuhan Bajoe - Kolaka.....	28
II.2.3.    Letak Geografis Bajoe - Kolaka .....	31
II.2.4.    Kecelakaan Rute Bajoe - Kolaka.....	32
Bab III METODOLOGI .....	33
III.1.    Bagan Alir .....	33
III.2.    Metode.....	34
III.3.    Bahan dan Peralatan .....	34
III.4.    Proses Pengerjaan.....	35
III.4.1.    Pengumpulan Literatur dan Data .....	35
III.4.2.    Pembuatan Progam dan Link dengan Maxsurf.....	35
III.4.3.    Pemodelan Optimisasi .....	35
III.4.4.    Analisis Teknis dan Optimisasi .....	36
III.4.5.    Desain dan Perancangan .....	36
Bab IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN .....	37
IV.1.    Owner Requirement .....	37
IV.1.1.    Penentuan Payload .....	37
IV.1.2.    Rute Pelayaran .....	38

IV.2.	Pemodelan Optimisasi.....	39
IV.2.1.	Variabel Desain.....	39
IV.2.2.	Batasan ( <i>Constraints</i> ) .....	39
IV.2.3.	Fungsi Objektif ( <i>Objective Function</i> ).....	41
IV.3.	Analisa Hasil Optimisasi .....	41
IV.3.1.	Kombinasi 1 Variabel .....	42
IV.3.2.	Kombinasi 2 Variabel .....	42
IV.3.3.	Kombinasi 3 Variabel .....	43
IV.3.4.	Kombinasi 4 Variabel .....	45
IV.3.5.	Kombinasi 5 Variabel .....	46
IV.3.6.	Kombinasi 6 Variabel .....	48
IV.3.7.	Kombinasi 7 Variabel .....	50
IV.3.8.	Kombinasi 8 Variabel .....	51
IV.3.9.	Kombinasi 9 Variabel .....	53
IV.3.10.	Kombinasi 10 Variabel .....	54
IV.3.11.	Grafik Fungsi Objektif.....	56
IV.4.	Analisis Teknis.....	58
IV.4.1.	Perhitungan Hambatan dan Daya Mesin.....	58
IV.4.2.	Perhitungan Berat Kapal .....	59
IV.4.3.	Perhitungan Freeboard .....	60
IV.4.4.	Perhitungan Stabilitas Kapal.....	61
IV.4.5.	Biaya Pembangunan Kapal .....	61
IV.5.	Pembuatan Rencana Garis ( <i>Lines Plan</i> ).....	62
IV.6.	Pembuatan Rencana Umum ( <i>General Arrangement</i> ) .....	63
IV.7.	Rencana Keselamatan ( <i>Safety Plan</i> ) .....	63
IV.7.1.	<i>Life Saving Appliances</i> .....	63
IV.7.2.	<i>Fire Control Equipments</i> .....	64
Bab V	KESIMPULAN DAN SARAN.....	67
V.1.	Kesimpulan.....	67
V.2.	Saran.....	67
	DAFTAR PUSTAKA.....	69
	LAMPIRAN	
	LAMPIRAN A PEMODELAN OPTIMASI DAN PERHITUNGAN TEKNIS	
	LAMPIRAN B CODING PEMROGAMAN	
	LAMPIRAN C GAMBAR LINES PLAN DAN GENERAL ARRANGEMENT	
	BIODATA PENULIS	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar II 1 Basic Design Spiral Evans 1959 .....	7
Gambar II 2 Diagram Optimisasi .....	10
Gambar II 3 Model <i>Neural Network</i> .....	13
Gambar II 4 Grafik Karakteristik Biaya Tenaga Kerja .....	24
Gambar II 5 Grafik Estimasi Berat Baja – Harga Baja .....	26
Gambar II 6 Grafik Estimasi Berat Permesinan – Harga Kapal.....	26
Gambar II 7 Grafik Outfitting dan Harga Kapal .....	27
Gambar II 8 Lintas Penyeberangan Bajoe – Kolaka .....	29
Gambar II 9 Letak Pelabuhan Bajoe .....	30
Gambar II 10 Letak Pelabuhan Kolaka .....	31
Gambar III 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir.....	33
Gambar III 2 Alur Kinerja Software.....	35
Gambar IV 1 Rute Pelayaran Bajoe - Kolaka.....	38
Gambar IV 2 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 2.....	43
Gambar IV 3 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 2 .....	43
Gambar IV 4 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 3.....	44
Gambar IV 5 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 3 .....	45
Gambar IV 6 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 10.....	46
Gambar IV 7 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 4 .....	46
Gambar IV 8 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 5.....	47
Gambar IV 9 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 5 .....	48
Gambar IV 10 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 6.....	49
Gambar IV 11 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 6 .....	49
Gambar IV 12 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 7.....	51
Gambar IV 13 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 7 .....	51
Gambar IV 14 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 8.....	52
Gambar IV 15 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 8 .....	53
Gambar IV 16 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 9.....	54
Gambar IV 17 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 9 .....	54
Gambar IV 18 Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 10.....	55
Gambar IV 19 Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 10 .....	56
Gambar IV 20 Grafik Fungsi Objektif .....	57

## DAFTAR TABEL

Tabel II 1 Fungsi tipe tonjolan badan kapal .....	18
Tabel II 2 Koefisien Titik Berat Baja Kapal .....	23
Tabel IV 1 Perhitungan Payload.....	38
Tabel IV 2 Hasil Yang Memenuhi Batasan Optimasi .....	56
Tabel IV 3 Hambatan dari Ukuran Utama yang Optimum .....	58
Tabel IV 4 Berat Total LWT .....	59
Tabel IV 5 Berat Total DWT.....	60
Tabel IV 6 Batasan Freeboard .....	60
Tabel IV 7 Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal Hasil Optimasi .....	61
Tabel IV 8 Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal <i>Exsisting</i> .....	62

## DAFTAR SIMBOL

$\nabla_0$	= <i>Displacement</i> pada waterline	[long.ton]
$\nabla$	= Volume <i>displacement</i>	[ ton ]
$A_M$	= Luas midship yang tercelup air = B . H . CX	
Adh	= Luas rumah geladak	
Amd	= Luas geladak cuaca	
ANN	= <i>Artificial Neural Network</i>	
Asp	= Luas bangunan atas	
B	= Lebar Maksimum	[ m ]
BHP	= <i>Break horse power</i>	[ Hp ]
BM <sub>T</sub>	= Jarak antara titik pusat gaya <i>bouyancy</i> terhadap titik metasenter secara melintang.	
Bwl	= Lebar Maksimum <i>Waterline</i>	[ m ]
$C_B$	= Koefisien blok	
$C_{fo}$	= Faktor cadangan	
$C_{fw}$	= Koefisien Pemakaian Air Tawar	
CNW	= Koefisien Biaya Non Berat	
$C_p$	= <i>Prismatic Coefficient</i>	[ m ]
$C_p$	= Koefisien kebutuhan konsumsi	
$C_{PV}$	= Koefisien prismatic vertikal	
$C_w$	= Koefisien <i>Waterline</i> pada sarat H	
$C_M$	= Koefisien <i>Midship</i> pada sarat H	
$D_A$	= Tinggi bangunan atas jika dilihat dari sisi kapal	
$D_M$	= Minimum <i>Depth</i>	
DWT	= <i>Dead weight tonnage</i>	[ ton ]
E	= <i>The Lloyd Equipment numeral</i>	
Fb	= <i>Freeboard</i>	[ m ]
H	= Tinggi <i>Main deck</i>	[ m ]
KB	= Titik tekan <i>buoyancy</i> terhadap keel	[ m ]
KG	= <i>Keel of gravity</i>	[ m ]
l1	= Panjang Bangunan Atas	[ m ]
l2	= Panjang Bangunan Geladak	[ m ]
LCB	= <i>Centre of buoyancy</i> [ m ]	
LCG	= <i>Longitudinal centre of gravity</i>	[ m ]
Ld	= panjang bangunan atas jika dilihat dari sisi kapal	
Lpp	= <i>Length Between Perpendicular</i>	[ m ]
LWT	= <i>Light weight tonnage</i>	[ ton ]
Pe	= BHP mesin induk	[ kW ]
$P_{E\&O}$	= Biaya Peralatan dan Perlengkapan	
Pfo	= Berat bahan bakar mesin induk	[ ton ]
Pfw	= Berat air tawar	[ ton ]
PME	= Biaya Permesinan	
PNW	= Biaya Non Berat	

PST	= Biaya Baja Kapal	
Rt	= Tahanan Total Kapal	[ kN ]
Rw	= Tahanan Gelombang	[ kN ]
T	= Sarat muatan penuh	[ m ]
TPc	= Bobot dalam ton yg diperlukan untuk merubah draft kapal sebesar 1 cm	[ ton/cm ]
VBA	= <i>Visual Basic for Application</i>	
V <sub>lo</sub>	= <i>Volume fuel oil</i>	
V <sub>s</sub>	= Kecepatan Dinas	[ knot ]
WSA	= <i>Wetted Surface Area</i> (Luas Permukaan Basah)	[ m <sup>2</sup> ]
Weo	= Berat Perlengkapan dan Peralatan	[ ton ]
Wres	= Berat Cadangan	[ ton ]
Wst	= Berat Baja Kapal	[ ton ]

# BAB I

## PENDAHULUAN

### I.1. Latar Belakang Masalah

Kemajuan teknologi informasi mempengaruhi perkembangan perancangan desain kapal. Hal ini dibuktikan dengan banyaknya *software* yang dapat digunakan untuk mendesain suatu *lines plan* kapal akan tetapi tidak dapat menghasilkan ukuran utama kapal yang optimal. Demikian pula perkembangan metode penggambaran *lines plan* yang berkembang sejak 1960. Banyak metode yang digunakan dalam membuat suatu *lines plan* akan tetapi beberapa metode tersebut tidak dapat digunakan untuk berbagai jenis kapal dan belum tentu mendapatkan karakteristik performa hidrodinamika yang baik (Andrianto and Manfaat 2013).

*Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA)* yang merupakan perusahaan penyedia jasa untuk penelitian dan pengembangan teknologi di Jerman telah membuat *software* untuk mengoptimisasi bentuk *hull* kapal. Prinsip dasar kerjanya adalah dengan menarik-narik *hull* kapal (Febriyanto 2011). Di Indonesia antusias penelitian pembuatan program komputer untuk pengaplikasian optimisasi ukuran utama sangat minim sehingga mengakibatkan sebagian besar masyarakat yang bergerak di bidang perkapalan atau suatu institusi memerlukan waktu yang cukup lama untuk proses optimisasi tersebut. Oleh sebab itu, dirasakan perlunya dibangun suatu program komputer untuk membantu mempersingkat waktu optimisasi tersebut.

Optimisasi ialah suatu proses untuk mencapai atau mendapatkan suatu fungsi maksimal atau minimal dengan hasil yang optimum (Rao 2009). Untuk mendapatkan nilai yang optimum dilakukan perubahan pada komponen variabel yang dibatasi oleh batasan-batasan dan *objectif function* sebagai penentu tingkat optimal. Metode optimisasi yang digunakan dalam tugas akhir adalah *non linier constrains optimization*, *objective function* yang digunakan meminimalkan besar biaya pembangunan kapal, dan *constrains* yang digunakan karakteristik teknis dan keselamatan kapal. Dalam pembuatan program komputer kali ini menggunakan *software visual basic* dengan study kasus kapal Ro-Ro rute Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka. Kapal Ro-Ro atau singkatan dari *roll-on / roll-off* adalah Kapal *ferry* yang dirancang dengan memiliki dua pintu *ramp doors* yaitu pintu depan dan pintu belakang (Hamzah et al. 2013). Rute Bajoe - Kolaka dipilih sebagai potret untuk pelayaran penyeberangan untuk seluruh nusantara karena: rute ini salah satu rute padat, mempunyai gelombang yang relatif tinggi dan terjadi beberapa

kecelakaan stabilitas kapal bocor (PT. R95 Naval Architect 2015). Sehingga membutuhkan desain kapal baru untuk mengatasi permasalahan tersebut.

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

Sehubungan dengan latar belakang, perumusan masalah yang akan dikaji dalam tugas akhir ini adalah:

1. Bagaimana cara membuat program menggunakan *visual basic* dan *maxsurf* untuk optimisasi ukuran utama kapal?
2. Bagaimana cara membuat logaritma di *visual basic* yang dapat mengontrol *maxsurf*?
3. Bagaimana cara mendapatkan ukuran utama kapal optimal yang memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis?
4. Bagaimana mendesain rencana garis dan rencana umum kapal Ro-Ro rute Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka?

## **I.3. Tujuan**

Sehubungan dengan latar belakang, tujuan dari tugas akhir ini adalah:

1. Membuat sebuah program menggunakan *visual basic* dan *maxsurf* untuk optimisasi ukuran utama kapal.
2. Membuat logaritma di *visual basic* yang dapat mengontrol *maxsurf*.
3. Mendapatkan ukuran utama kapal optimal yang memenuhi persyaratan teknis dan ekonomis.
4. Membuat desain rencana garis dan rencana umum kapal Ro-Ro rute Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka.

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

Batasan masalah digunakan sebagai acuan dalam penulisan tugas akhir sehingga dapat sesuai dengan permasalahan serta tujuan yang diharapkan. Batasan permasalahan yang dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan aplikasi menggunakan *software visual basic*.
2. *Software link* yang digunakan antara lain : *maxsurf* dan *visual basic*.
3. Rute pelayaran kapal Ro-Ro yang akan dioptimisasi adalah rute Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka.

4. Hasil pengerjaan dari tugas akhir ini adalah sebuah program.
5. Perhitungan konstruksi dan kekuatan memanjang diabaikan.

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

Dari penulisan tugas akhir ini diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut :

1. Menghasilkan desain kapal *Roll On – Roll Off* (RoRo) yang optimal untuk membantu pemerintah dalam transportasi Pelabuhan Bajoe dan Pelabuhan Kolaka.
2. Dapat dijadikan solusi alternatif untuk perencanaan transportasi lainnya.

#### **I.6. Hipotesis**

Dengan Tugas Akhir ini, akan didapatkan sebuah program yang dapat mengoptimisasi ukuran utama kapal Ro-Ro dengan rute Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB II**

### **STUDI LITERATUR**

#### **II.1. Dasar Teori**

Dalam tugas akhir ini diperlukan beberapa macam teori yang dapat digunakan sebagai landasan. Teori yang digunakan didapatkan dari berbagai macam sumber yang telah dikaji oleh banyak orang. Berikut ialah beberapa teori yang digunakan sebagai dasar untuk penelitian tersebut.

##### **II.1.1. Roll on/Roll off (Ro-Ro )**

Sejarah kapal Roll on/Roll off (Ro-Ro), pada tahun 1950 banyak terjadi inovasi terhadap penanganan kargo yang terfokus dalam pengembangan desain kapal. Salah satu dari mereka yang sukses dikembangkan adalah kapal Ro-Ro. Bagaimanapun juga, bisa dikatakan begitu karena kapal Roll on/Roll off atau kapal dengan pondasi kayu yang dapat mengambang dibangun untuk menyeberangi sungai dan membawa orang dan kendaraan beroda. Kapal ini ditarik menggunakan tali, yang membentang di seberang sungai, terkadang penumpang diminta untuk membantu menarik kapal tersebut. Platform terapung ini akhirnya dinamai dengan *ferry* (Lamb 2003).

Kapal *ferry* merupakan salah satu jenis kapal yang berlayar pada jarak dekat atau kapal yang berlayar dari pulau satu ke pulau yang lain, sehingga dikenal juga sebagai kapal penyeberangan. Kapal *ferry* yang dirancang dengan memiliki dua pintu *ramp doors* yaitu pintu depan dan pintu belakang adalah kapal *ferry* jenis Ro-Ro atau singkatan dari *roll-on / roll-off* (Hamzah et al. 2013).

Kapal *ro-ro* berbeda dari kapal *lo-lo* (*lift on-lift off*) yang menggunakan *crane* untuk memuat kargo. Kendaraan di kapal dimuat dan dibongkar melalui pintu rampa. Biasanya rampa ini dibuat pada bagian buritan kapal, dan dalam beberapa kapal rampa juga ditemukan pada bagian haluan serta sisi kapal (Muzdalifah, Chrismianto, and Hadi 2016).

Beberapa aspek yang berpengaruh yaitu cara pemuatan kapal *ferry* berhubungan dengan pemilihan sistem propulsi yang akan dipakai, deras tidaknya arus pada daerah sandar, jarak bentang penyeberangan, ramai tidaknya lalu lintas pelayaran pada daerah itu maupun kondisi perairan setempat. Adapun penggolongan tipe kapal Ro-Ro dengan aspek tersebut antara lain :

### II.2.1.1. Kapal Ro-Ro Dengan Pemuatan Dari Ujung-ujung (*End Loading*)

- Jarak bentang penyeberangan yang tidak begitu jauh sehingga jika ferry tersebut telah sampai, kapal tidak perlu berputar kembali sehingga untuk praktisnya ferry tersebut direncanakan memuat dari ujung kapal dan dapat berlayar dengan salah satu ujungnya didepan secara bergantian.
- Kecepatan arus pada daerah kapal ferry akan bersandar tidak begitu deras dan juga lalu lintas pelayaran pada tempat itu tidak terlalu ramai sehingga apabila kapal tersebut bersandar dengan ujung-ujungnya tidak akan mengganggu lalu lintas pelayaran.
- Untuk daerah penyeberangan yang tidak begitu deras, ferry yang digunakan biasanya berbentuk pontoon dengan pemuatan dari ujung depan atau dari ujung belakang kapal ferry tersebut. Dimana kapal-kapal tersebut mempunyai bentuk ujung depan dan ujung belakang yang sama dan kapal ini dapat berlayar dengan ujung-ujung secara bergantian.
- Untuk jarak bentang penyeberangan yang cukup jauh dengan arusnya tidak begitu deras, lebih sering dipakai kapal berbentuk kapal biasa dimana bentuk ujung depan dan ujung belakang tidak sama sehingga kapal tersebut berlayar dengan ujung depan maupun ujung belakang.

### II.2.1.2 Kapal Ro-Ro Dengan Pemuatan di Samping (*Side Loading*)

- Jarak bentang penyeberangan relative jauh sehingga seandainya ferry tersebut harus berputar hal ini tidak seperti tipe end loading.
- Kondisi pada daerah tersebut tidak memungkinkan kapal merapat ke dermaga dari ujung kapalnya, hal ini dapat disebabkan karena ramainya lalu lintas pelayaran ataupun karena derasnya arus. (Nugroho 2014)

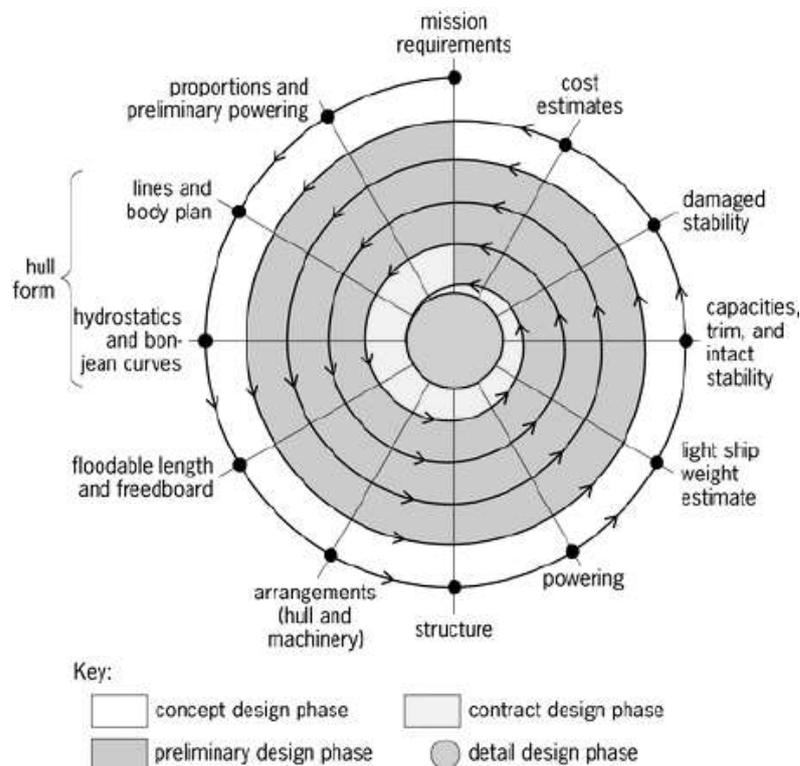
## II.1.2. Desain Kapal

Perkembangan desain kapal semakin hari kian berkembang diawali pada tahun 1950-1960, pada saat itu berkembang proses desain kapal *iterative* atau yang dikenal sebagai *spiral design* yang berfokus pada berat struktur dan ekonomi. Tahun 1960-1970 berkembang pendekatan algoritma optimisasi pemilihan ukuran utama kapal. Tahun 1970-1980 berkembang penerapan bidang ekonomi sebagai factor dan koreksi penilaian sebuah desain. Tahun 1980-1990 berkembang penerapan *Computer Aided Design* (CAD) pada tahap *preliminary design*. Tahun 1990-2010 berkembang pemikiran pelibatan *life cycle* dalam desain dari awal sampai akhir umur kapal. Tahun 2000-2010 berkembang konsep desain berdasarkan simulasi: struktur, dinamika fluida dan lainnya. Tahun 2010 hingga saat ini berkembang

system batasan *non static* yang tidak hanya berfokus pada aspek struktur dan ekonomi (Gaspar et al. 2012).

Proses desain merupakan proses yang dilakukan secara berulang-ulang hingga menghasilkan suatu desain yang sesuai dengan apa yang diinginkan. Dalam *design process* pembangunan kapal baru terdapat beberapa tahapan desain, yaitu antara lain (Taggart 1980) :

- *Concept design,*
- *Preliminary design,*
- *Contract design*
- *Detail design.*



(Sumber : Evans 1959)

Gambar II 1 Basic Design Spiral Evans 1959

Empat tahap desain diatas dapat digambarkan dalam suatu *design spiral* (Evans 1959) yang merupakan suatu proses *Kombinasi* mulai dari persyaratan-persyaratan yang diberikan oleh *owner* kapal hingga pembuatan *detail design* yang siap digunakan dalam proses produksi.

### 1. *Concept Design*

Concept design adalah tahap pertama dalam proses desain yang menterjemahkan mission requirement atau permintaan pemilik kapal ke dalam ketentuan-ketentuan dasar dari kapal yang

akan direncanakan. Dibutuhkan TFS (*Technical Feasibility Study*) sehingga menghasilkan ukuran utama seperti panjang, lebar, tinggi, sarat, finnes dan fullness power, karakter lainnya dengan tujuan untuk memenuhi kecepatan, range (endurance), kapasitas, deadweight. Termasuk juga memperkirakan preliminary lightship weight, yang pada umumnya diambil dari rumus pendekatan kurva maupun pengalaman-pengalaman.

Langkah langkah pada concept design adalah sebagai berikut:

- Klasifikasi biaya untuk kapal baru dengan membandingkan terhadap beberapa kapal sejenis yang sudah ada.
- Mengidentifikasi semua perbandingan desain utama.
- Memilih proses Kombinasi yang akan menghasilkan desain yang memungkinkan.
- Membuat ukuran yang sesuai (analisis ataupun subyektif) untuk desain.
- Mengoptimasi ukuran utama kapal.
- Mengoptimasi detail kapal.

## 2. *Preliminary design*

Langkah kelanjutan dari concept design mengecek kembali ukuran dasar kapal yang dikaitkan dengan performance. Pemeriksaan ulang terhadap panjang, lebar, daya mesin, deadweight yang diharapkan tidak banyak merubah pada tahap ini. Hasil diatas merupakan dasar dalam pengembangan rencana kontrak dan spesifikasi. Tahap preliminary design ditandai dengan beberapa langkah-langkah sebagai berikut:

- Melengkapi bentuk lambung kapal
- Pengecekan terhadap analisa detail struktur kapal
- Penyelesaian bagian interior kapal
- Perhitungan stabilitas dan hidrostatis kapal
- Mengevaluasi kembali perhitungan tahanan, powering maupun performance kapal
- Perhitungan berat kapal secara detail dalam hubungannya dengan penentuansarat dan trim kapal
- Perhitungan biaya secara menyeluruh dan detail

## 3. *Contract design*

Hasilnya sesuai dengan namanya dokumen kontrak pembuatan kapal. Langkah langkahnya meliputi satu, dua atau lebih putaran dari desain spiral. Oleh karena itu pada langkah ini

mungkin terjadi perbaikan hasil-hasil preliminary design. Tahap merencanakan/menghitung lebih teliti hull form (bentuk badan kapal) dengan memperbaiki lines plan, tenaga penggerak dengan menggunakan model test, seakeeping dan karakteristik maneuvering, pengaruh jumlah propeller terhadap badan kapal, detail konstruksi, pemakaian jenis baja, jarak dan tipe gading. Pada tahap ini dibuat juga estimasi berat dan titik berat yang dihitung berdasarkan posisi dan berat masing-masing item dari konstruksi. General Arrangement detail dibuat juga pada tahap ini. Kepastian kapasitas permesinan, bahan bakar, air tawar dan ruang-ruang akomodasi. Kemudian dibuat spesifikasi rencana standart kualitas dari bagian badan kapal serta peralatan. Juga uraian mengenai metode pengujian dan percobaan sehingga akan didapatkan kondisi kapal yang baik.

#### 4. *Detail design*

Tahap akhir dari perencanaan kapal adalah pengembangan detail gambar kerja. Hasilnya dari langkah ini adalah berisi petunjuk/instruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi kepada tukang pasang (fitter), tukang las (welder), tukang perlengkapan (outfitter), tukang pelat, penjual mesin, tukang pipa dan lain-lainnya. Langkah ini perubahan dari engineer (ahli teknik) untuk tukang, oleh karena itu tidak bias diinterpelasikan (dirubah). Pada proses perencanaan, pengaturan dan pendeskripsian proses desain kapal, suatu perbedaan antara Level I (Total Ship) desain dan Level II (Ship System) desain. Level I desain berhubungan dengan sintesa dan analisis dari atribut total kapal seperti bentuk lambung dan rencana umum (General Arrangement) dan perkiraan dari atribut total kapal seperti berat dan titik berat kapal. Level II desain berhubungan dengan sintesa dan analisis elemen utama kapal secara khusus seperti struktur, sistem propulsi, pembangkit dan distribusi listrik, ship control, navigasi dan sistem komunikasi dan juga sistem mekanik termasuk pipa dan HVAC (heating, ventilation, air condition) serta outfitting. Beberapa hasil pada level II desain merupakan input dari level I desain seperti hasil dari data berat, ketahanan, kebutuhan awak kapal, biaya dan resiko.

### **II.1.3. Teori Optimisasi**

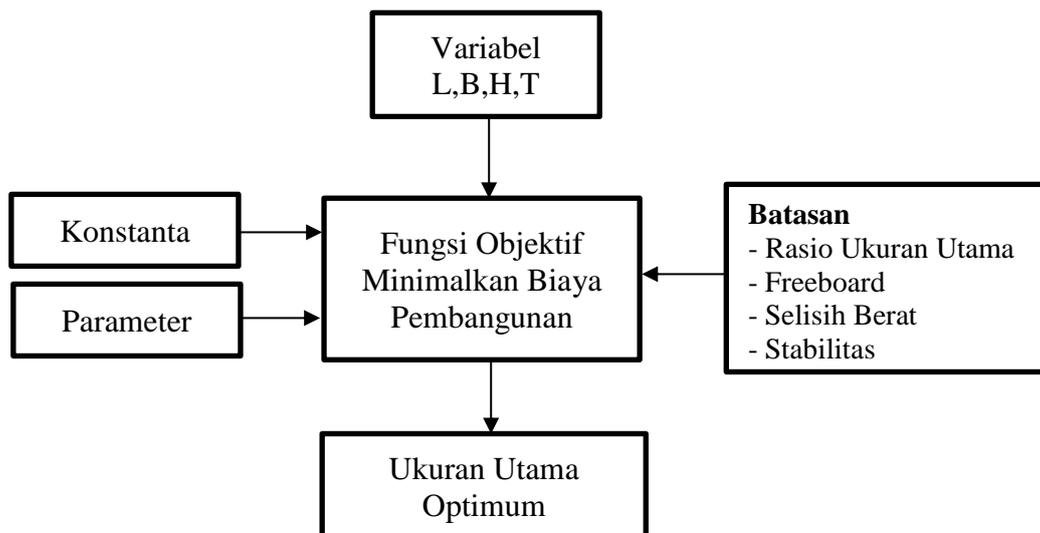
*Spiral Design Process* mempunyai kelemahan yaitu prosesnya selalu diulang-ulang secara manual beberapa putaran untuk memenuhi semua *constraints* sehingga memerlukan waktu yang lama atau bahkan hasilnya tidak optimal. Metode optimisasi sangat tepat untuk menyelesaikan persoalan desain kapal yang kompleks. Optimisasi adalah suatu tindakan untuk mendapatkan hasil terbaik dalam situasi tertentu. Tujuan akhir dari tindakan tersebut adalah antara meminimalkan usaha yang dilakukan atau memaksimalkan keuntungan. Jika diibaratkan

sebagai fungsi matematika, optimisasi didefinisikan sebagai proses untuk mencari nilai maksimal atau minimal dari suatu fungsi riil. Tidak ada satupun metode yang dapat menyelesaikan semua masalah optimisasi secara efisien. Maka beberapa metode optimisasi telah dikembangkan untuk menyelesaikan beberapa masalah optimisasi (Rao 2009).

Dengan memanfaatkan optimisasi dalam proses desain maka diharapkan dapat mengurangi ulangan perancangan seperti desain spiral tidak diperlukan sehingga proses desain kapal lebih terstruktur, keuntungan lainnya yaitu tenaga mesin, kapasitas ruangan dan stabilitas harga dapat ditentukan sejak awal. Pada metode optimisasi dilakukan iterasi satu tahap saja secara otomatis yaitu *preliminary design* sehingga menghasilkan solusi yang optimal dan waktu yang cepat (Papanikolaou 2014).

### II.1.3.1 Model Optimasi

Optimisasi dipakai di hampir semua bidang ilmu, antara lain bidang teknik sains, ilmu sosial, ekonomi, dan bisnis. Banyak permasalahan yang dapat dinyatakan sebagai permasalahan optimisasi seperti meminimumkan biaya, waktu, dan resiko, atau memaksimalkan keuntungan dan kualitas. Optimisasi sering kali menjadi fokus utama dalam pengambilan keputusan misalnya meningkatkan kualitas suatu produk atau dengan meminimumkan biaya produksi. Adapun faktor-faktor yang terlibat dalam proses optimisasi antara lain seperti pada diagram berikut ini :



Gambar II 2 Diagram Optimisasi

#### **II.1.3.1.1 Fungsi Obyektif**

Fungsi obyektif merupakan hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang akan dioptimumkan. Fungsi obyektif adalah fungsi yang nilainya dioptimumkan. Fungsi obyektif bisa bernilai maksimum atau minimum tergantung kasus yang ditinjau. Jika fungsi obyektif biaya pembangunan, maka nilai yang dicari adalah minimum (Papanikolaou 2014).

#### **II.1.3.1.2 Variabel dan Parameter**

Variabel adalah nilai yang berubah-ubah dalam suatu sistem optimisasi. Nilai variabel dipertimbangkan karena mempunyai pengaruh besar pada *performance* kapal yang menentukan baik atau buruknya suatu kapal (Hasanudin 2015). Untuk mendapatkan nilai dari fungsi obyektif yang dicari, dilakukan dengan cara mengubah variabel yang ada. Sedangkan parameter adalah nilai yang tidak berubah dalam satu kali proses optimisasi. Dalam mendesain kapal Ro-Ro yang dijadikan desain variabel dan parameter adalah ukuran utama kapal yang terdiri dari :

- Panjang ( $L_{pp}$ )
- Lebar ( $B$ )
- Sarat ( $T$ )
- Koefisien Blok ( $C_b$ )

#### **II.1.3.1.3 Konstanta**

Konstanta adalah harga yang tidak berubah nilainya selama proses optimisasi berlangsung dan bahkan selamanya. Contoh percepatan gravitasi bumi dan massa jenis air laut.

#### **II.1.3.1.4 Batasan (Constraint)**

Adalah harga batas yang telah ditentukan baik oleh perencana, pemesan, biro klasifikasi, peraturan keselamatan pelayaran, kondisi perairan, dan lain lain. Desain constraint bisa digambarkan sebagai nilai maksimum dan minimum dari ukuran utama kapal atau nilai maksimum dari perbandingan ukuran utama kapal. Desain constraint berdasarkan pengalaman desain yang telah ada sebelumnya. Nilai batasan direkomendasikan bervariasi tergantung ukuran dan jenis kapal. Selain itu daerah operasi kapal juga berpengaruh. Kapal yang berlayar di perairan dangkal memiliki batasan perbandingan ukuran utama yang berbeda dari pada kapal pada umumnya. Adapun *constraints* yang ditetapkan antara lain :

### **1. Batasan Selisih Berat Kapal**

Batasan selisih berat dengan displamen berpengaruh pada daya mesin, freeboard, dan perhitungan struktur. Batasan ini akan diterima jika persentase selisih gaya angkat (displasemen) dan gaya berat (LWT+DWT) adalah  $\pm 0.5\%$  (Watson 1998).

### **2. Batasan Freeboard**

Batasan untuk *freeboard* (lambung timbul) akan dipenuhi jika *freeboard* pada kapal yang sebenarnya melebihi dari perhitungan freeboard standar. Tinggi lambung timbul minimum kapal harus diperhatikan agar kapal selalu mempunyai daya apung cadangan, dimana hal ini menyangkut keselamatan dalam pelayaran. Lambung timbul ( $F_b$ ) minimum telah diatur dalam International Load Line Convention 1966 (IMO 1988).

### **3. Batasan Stabilitas IMO**

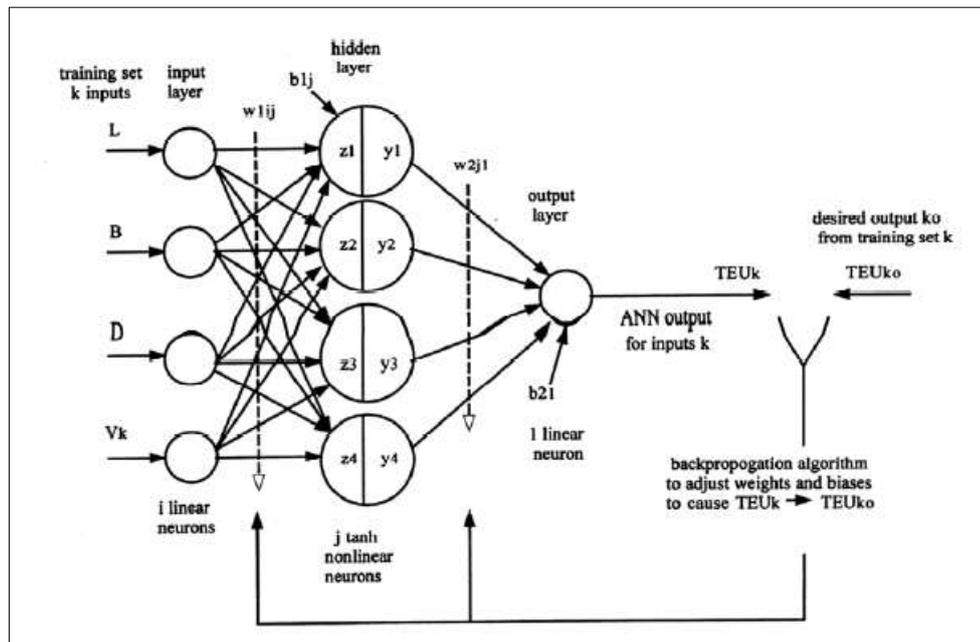
Tinggi metasentra melintang (MG) memberikan indikator karakteristik stabilitas dari setiap kapal. Kapal dengan nilai MG tinggi akan memiliki periode oleng yang pendek dengan gerak yang tidak nyaman (*uncomfortable*) pada kecepatan tinggi. Kapal dengan nilai MG rendah akan memiliki periode oleng yang lama dan lebih nyaman. Batasan ini berpengaruh pada 11 stabilitas kapal yang akan berlayar. Batasan ini didasarkan pada aturan *Intact Stability Criteria* (IMO 2002).

#### **II.1.3.2 Neural Network Optimization**

*Neural network* adalah suatu sistem pemroses informasi yang memiliki karakteristik menyerupai dengan jaringan saraf biologi pada manusia. *Neural network* didefinisikan sebagai sistem komputasi di mana arsitektur dan operasi diilhami dari pengetahuan tentang sel saraf biologis di dalam otak, yang merupakan salah satu representasi buatan dari otak manusia yang selalu mencoba menstimulasi proses pembelajaran pada otak manusia tersebut (Badrul 2016).

*Neural network* dibuat berdasarkan model saraf manusia tetapi dengan bagian-bagian yang lebih sederhana. Komponen terkecil dari *neural network* adalah unit atau yang biasa disebut dengan *neuron* dimana *neuron* tersebut akan mentransformasikan informasi yang diterima menuju *neuron* lainnya. Kemampuan otak manusia seperti mengingat, menghitung, mengeneralisasi, adaptasi, diharapkan *neural network* dapat meniru kemampuan otak manusia. *Neural network* berusaha meniru struktur/arsitektur dan cara kerja otak manusia sehingga diharapkan bisa dan mampu menggantikan beberapa pekerjaan manusia. *Neural network* berguna untuk memecahkan persoalan yang berkaitan dengan pengenalan pola, klasifikasi, prediksi dan data mining (Shukla, Tiwari, and Kala 2010).

Salah satu keuntungan menggunakan *neural network* adalah bahwa *neural network* cukup kuat sehubungan dengan data. Karena *neural network* berisi banyak node (*neuron* buatan) dengan bobot ditugaskan untuk setiap koneksi (Larose 2014). Jaringan kata dalam istilah 'jaringan syaraf tiruan' mengacu pada hubungan antar neuron di lapisan yang berbeda dari masing-masing sistem. Sistem *neural network* memiliki tiga lapisan. Lapisan pertama memiliki masukan neuron yang mengirim data melalui sinapsis ke lapisan kedua neuron (lapisan tersembunyi), dan kemudian melalui sinapsis lebih ke lapisan ketiga neuron keluaran (Niknafs, n.d.).



Sumber : (Parsons 2003)

Gambar II 3 Model *Neural Network*

Konsep dasar dari *artificial neural network* (ANN) adalah mengadopsi mekanisme berpikir sebuah system atau aplikasi yang menyerupai otak manusia, baik untuk pemrosesan berbagai sinyal elemen yang diterima, toleransi terhadap kesalahan / *error*, dan juga *parallel processing*. ANN efektif dalam mengekstraksi hubungan nonlinier dan model dari data. Mereka telah digunakan untuk model data parametrik kapal dan galangan kapal dan pasar pengiriman. Seperti pada Gambar II.3 arah dari aliran sinyal hanya maju dari satu lapisan ke lapisan berikutnya atau *input* ke *output*. Tugas desain jaringan syaraf melibatkan pemilihan *input train*, dan *output vector*, data pra proses untuk meningkatkan waktu *training*. Identifikasi struktur jaringan yang efektif, dan *training* jaringan yang tepat. Neuron pada *input* dan *output* layer biasanya memiliki fungsi transfer linear sederhana yang menjumlahkan semua masukan

dan menambahkan simpangan untuk menghasilkan *output* mereka. Neuron pada lapisan tersembunyi biasanya memiliki fungsi transfer *nonlinier* dengan bentuk sigmoidal (S) yang paling umum. Neuron  $j$  dengan bias  $b_j$  dan  $n$  input masing masing dengan sinyal  $x_i$  dan bobot  $w_{ij}$  akan memiliki sinyal aktivasi gabungan linear  $z_j$  sebagai berikut.

$$y_j = (1 + e^{-z_j})^{-1} \quad (\text{II-1})$$

$$y_j = \tanh(z_j) = (e^{z_j} - e^{-z_j}) / (e^{z_j} + e^{-z_j}) \quad (\text{II-2})$$

Rumus rumus ini memberikan fungsi transfer *nonlinier* yang terus menerus dan terdiferensiasi dengan bentuk sigmoid.

Salah satu karakteristik *neural network* adalah mereka dapat belajar dari pengalaman *training* nya. Pembelajaran tersebut menyediakan kemampuan adaptif yang dapat mengekstrak hubungan parametrik *nonlinier* dari *input* ke *output* tanpa perlu teori matematika atau pemodelan eksplisit. Pembelajaran terjadi selama proses pembebanan dan penyesuaian acak sehingga *output* dari ANN untuk *input* yang dipilih sesuai dengan *output* pelatihan yang sesuai dalam batasan. Selain itu ANN memiliki kemampuan untuk menggeneralisasi ; yaitu menghasilkan *output* yang optimal dari beberapa pola yang belum pernah dilihat sebelumnya. Sehingga dalam pengaplikasian tugas akhir ini ANN berfungsi sebagai salah satu alat untuk memvariasikan variabel untuk menghasilkan *output* yang optimal (Parsons 2003).

#### **II.1.4. Hubungan Visual Basic for Application dan Maxsurf**

VBA atau biasa disebut *Visual Basic for Application* adalah sebuah bahasa pemrograman yang dibuat oleh perusahaan Microsoft yang digunakan untuk mengotomatisasi operasi di aplikasi *Microsoft Office* seperti *Excel*, *Access*, *Word*, *Power Point* dan *Outlook*. VBA adalah sebuah alat ampuh yang memungkinkan seseorang melakukan pekerjaan apapun yang dibutuhkan. *Visual Basic for Application* bekerja secara otomatis, sehingga semua pekerjaan yang dikerjakan secara manual dapat dikerjakan secara otomatis. Sejak *Visual Basic for Application* adalah bahasa pemrograman yang dibuat oleh Microsoft, VBA tidak bisa digunakan untuk membuat aplikasi yang berdiri sendiri. Program VBA, juga disebut sebagai macro, ada dalam aplikasi *host*, seperti *excel* dan *workbook* yang mengandung kode VBA. VBA juga dapat dihubungkan dengan aplikasi lain seperti *maxsurf*, *autocad*, dan program lainnya (Gan 2017).

*Automation* adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan kemampuan suatu aplikasi untuk mengendalikan atau mengakses data dari yang lain. *Automation* adalah fitur yang umum di banyak aplikasi *Microsoft* seperti *Word* dan *Excel*. Sebenarnya, macro di masing-

masing aplikasi ini ditulis menggunakan *automation*. Antarmuka *automation* dalam aplikasi ini memberi pengguna akses ke berbagai objek yang dapat digunakan untuk mengendalikan aplikasi dan datanya. Misalnya, *Maxsurf Modeler* berisi titik permukaan, titik control dan penanda, yang memberikan dukungan untuk meng-*automation* melalui sebuah antarmuka yang memungkinkan pengguna untuk membuat, memodifikasi dan menganalisa sebuah desain.

VBA adalah salah satu platform yang paling mudah digunakan untuk menulis makro *maxsurf modeler*, *resistance*, maupun *stability*. Karena beberapa *engineer* mampu menggunakan *Microsoft excel* atau *Microsoft word*. Ini juga merupakan salah satu kesempatan yang bagus untuk mengembangkan skrip, makro atau program kecil untuk optimasi. Antar muka otomatisasi model *maxsurf* menggunakan banyak tipe untuk membuat skrip pemrograman menjadi lebih sederhana ketika menggunakan VBA terbaru. Namun ketika pemrograman menggunakan VBA yang versi lama, seperti di *Microsoft Office 97*, penggunaan jenis enumerasi tidak didukung dan konstanta yang disebutkan harus diganti nilai integernya (Maxsurf 2013).

#### **II.1.5. Tinjauan Teknis Desain Kapal**

Dalam proses desain suatu kapal harus dilakukan analisis teknis berupa perhitungan sesuai dengan peraturan yang berlaku. Adapun perhitungan-perhitungan tersebut antara lain:

##### **II.1.5.1 Perhitungan Hambatan**

Perhitungan hambatan total kapal dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Dengan demikian kapal dapat berlayar dengan kecepatan sebagaimana yang diinginkan oleh *owner* (*owner requirement*). Perhitungan ini menghitung tahanan ketika kapal bergerak kedepan dengan kecepatan penuh, perhitungan ini meliputi: tahanan *viscous*, tahanan tonjolan, tahanan angin dan tahanan gelombang. Untuk menghitungnya digunakan metode Holtrop. Selanjutnya dari hasil perhitungan tahanan dikalikan efisiensi dan kecepatan kapal maka dapat diprediksi besar daya mesin induk (Mennen, 1982).

Dalam menentukan hambatan kapal menggunakan metode *holtrop* dengan cara perhitungan empiris. Pemilihan penggunaan metode ini karena persyaratan dari kapal memenuhi untuk menggunakan metode ini untuk perhitungan hambatan kapal. Untuk pemakaian *software maxsurf resistance* dilakukan dengan cara yang cukup sederhana, yakni dengan membuka file desain kapal kita dalam *software maxsurf resistance*, setelah itu pilih metode yang akan digunakan untuk memproses perhitungan hambatan dan kecepatan kapal

yang kita desain. Besar tahanan gelombang dari kapal dapat diperoleh sesuai dengan rumus pada *Principles of Naval Architecture*, dapat dilihat pada rumus II-1.

$$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{m_1 F_n^d} + m_2 \cos(\lambda \cdot F_n^{-2}) \quad (\text{II-3})$$

Nilai dari koefisien-koefisien pada rumus diatas, dapat dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut:

### 1. Perhitungan koefisien C1

$$C_1 = 223105 \cdot C_4^{3.7861} \left(\frac{T}{B}\right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757} \quad (\text{II-4})$$

dimana :

$$C_4 = 0.2296 \left(\frac{B}{L}\right)^{0.333}$$

Untuk  $B/L \leq 0.11$

$$C_4 = B/L$$

Untuk  $0.11 \leq B/L \leq 0.25$

$$C_4 = 0.5 - 0.0625 \left(\frac{L}{B}\right)$$

Untuk  $B/L \geq 0.25$

### 2. Perhitungan koefisien C2

C2 merupakan koefisien pengaruh dari *bulbous bow*, rumus untuk C2 dapat dilihat pada rumus.

$$C_2 = e(-1.89) Abt. \frac{Rb}{B.T} (Rb + i) \quad (\text{II-5})$$

$C_2 = 1$  , untuk kapal tanpa *bulb bousbow*.

### 3. Perhitungan koefisien C3

C3 merupakan koefisien pengaruh bentuk transom stern terhadap hambatan, rumus C3 dapat dilihat pada rumus

$$C_3 = 1 - \left(0.8 \frac{AT}{B} \cdot T \cdot Cm\right) \quad (\text{II-6})$$

$AT = 0$  (luas transom yang tercelup saat *zero speed*)

### 4. Perhitungan koefisien C5

C5 merupakan koefisien dengan fungsi koefisien prismatic ( $C_P$ ).

### 5. Perhitungan koefisien C6

C6 merupakan koefisien pengaruh terhadap harga  $L_3/\nabla$ , untuk  $L_3/\nabla \leq 512$ .

### 6. Perhitungan koefisien m1

$$\frac{m_1 = 0.01404 \frac{L}{T} - 1.7525 \frac{\nabla^t}{3}}{L} - 4.7932 \frac{B}{L} - C_5 \quad (\text{II-7})$$

### 7. Perhitungan koefisien m2

$$m_2 = 0.4 C_6 e - 0.034 x F_n^{-3.29} \quad (\text{II-8})$$

### 8. Perhitungan koefisien $\lambda$

$\lambda$  = koefisien pengaruh terhadap harga L/B

L/B = 109.2/18 = 6.067; untuk (L/B<12), maka  $\lambda$  adalah

$$\lambda = 1.446C_p - 0.03 \frac{L}{B} \quad (\text{II-9})$$

### 9. Perhitungan W

$$W = \rho \cdot g \cdot \nabla \text{kN} \quad (\text{II-10})$$

### 10. Perhitungan Koefisien Faktor Bentuk (1+ k)

Dalam buku *Principles of Naval Architecture, vol. II*, diberikan rumusan baku untuk perhitungan koefisien bentuk (1 + k) dapat dilihat pada rumus.

$$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \cdot Sapp/Stot \quad (\text{II-11})$$

Nilai dari koefisien-koefisien diatas dihitung berdasarkan rumus-rumus berikut:

\*) Perhitungan 1 + k<sub>1</sub>

$$1 + k_1 = 0,9 + 0,4871 \cdot c \cdot (B/L)1,0681 \cdot (T/L)0,4611 \cdot (L/LR)0,1216(\nabla)0,364(1 - CP) - 0,6042 \quad (\text{II-12})$$

Setelah itu, menentukan besarnya kostanta c yang menunjukkan fungsi dari bentuk buritan atau *stern* kapal. Menurut buku *Principles of Naval Architecture, vol. II*, perhitungan 1 + K<sub>1</sub> dapat dilihat pada rumus.

$$c = 1 + 0,011 \cdot C_{stern} \quad (\text{II-13})$$

dimana:

$$C_{stern} = 0$$

$C_{stern} = -25$ , untuk pram dengan gondola

$C_{stern} = -10$ , untuk potongan bentuk V

$C_{stern} = 0$ , untuk bentuk potongan normal

$C_{stern} = +10$ , untuk potongan bentuk U dengan stern Hogner

Dengan perhitungan L/L<sub>R</sub> adalah sebagai berikut:

$$LR/L = 1 - Cp + 0.06Cp LCB / (4Cp - 1) \quad (\text{II-14})$$

\*) Perhitungan 1 + k<sub>2</sub>

Perhitungan koefisien ini merupakan koefisien akibat pengaruh tonjolan yang terdapat pada lambung kapal di bawah permukaan garis air. Untuk nilai dari(1 + k<sub>2</sub>), sesuai dengan data yang ada dalam buku *PNA Vol.2*, dapat dilihat pada Tabel II.1. Perhitungan 1 + K<sub>2</sub> dapat dilihat pada rumus.

$$(1 + k_2)_{effective} = \frac{\sum s_i (1+k_2)_i}{\sum s_i} \quad (\text{II-15})$$

Tabel II 1 Fungsi tipe tonjolan badan kapal

Type of Appendages	Value of 1 + k2
Rudder of single screw ship	1.3 to 1.5
Spade-type rudders of twin-screw ships	2.8
Skeg-rudders off twin-screw ships	1.5 to 2.0
Shaft brackets	3
Bossings	2
Bilge keel	1.4
Stabilizer fins	2.8
Shafts	2
Sonar dome	2.7

Sumber: (Lewis 1988)

### 11. Perhitungan Luas Permukaan Basah (WSA) badan kapal

$$WSA = L(2T + B)Cm0.5(0.4530 + 0.4425Cb - 0.2863Cm - 0.003467(B/T) + 0.3696Cwp) + 2.38(ABT/Cb) \quad (II-16)$$

### 12. Perhitungan luas permukaan basah tonjolan pada kapal

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilge\ keel} \quad (II-17)$$

$$S_{rudder} = C1.C2.C3.C4((1.75 L.T)/100). \quad (II-18)$$

C1 = 1 (for general)

C2 = 1 (for semi-spade rudder)

C3 = 1 (for NACA profile and plate rudder)

C4 = 1 (for rudder in the propeller jet)

Sehingga,  $S_{total} = WSA + S_{app}$ .

### 13. Perhitungan Tahanan Gesek (CF)

Data yang diperlukan untuk menghitung koefisien tahanan gesek meliputi kecepatan kapal ( $V$  atau  $V_s$ ), panjang garis air kapal ( $L_{wl}$ ), grafitasi ( $g$ ), dan koefisien viskositas kinematis ( $\nu$ ). Data tersebut kita masukkan dalam rumus:

$$CF = 0.075 / (\log Rn - 2)^2 \quad (II-19)$$

Dengan nilai  $Rn$ :

$$Rn = v \cdot L_{wl} / \nu \quad (II-20)$$

#### 14. Perhitungan Koefisien Tahanan Udara (model-ship correlation allowance), $C_A$

$$C_A = 0,006 (LWL + 100) - 0,16 - 0,00205$$

; untuk  $T/LWL > 0,04$  (II-21)

$$C_A = 0,006 (LWL + 100) - 0,16 - 0,00205 + 0,003 (LWL/7.5)^{0.5} C_{B4} C_2 (0,04 - T/LWL)$$

; untuk  $T/LWL < 0,04$  (II-22)

#### 15. Perhitungan Tahanan Total

Setelah mendapatkan nilai dari notasi seluruhnya maka kita dapat menentukan besarnya tahanan totalnya, yaitu dengan rumusan sebagai berikut:

$$RT = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot Stot [ CF (1 + k) + C_A ] + RW/W \cdot W \quad (II-23)$$

#### II.1.5.2 Perhitungan Daya Mesin

Penentuan power mesin dilakukan dengan melihat daya yang dibutuhkan (BHP), kemudian menyesuaikan daya mesin yang akan dipasang sesuai dengan katalog mesin yang tersedia. Perhitungan kebutuhan daya mesin utama agar kapal dapat beroperasi sesuai dengan perencanaan adalah sebagai berikut:

- *Effective Horse Power (EHP)*

$$EHP = RT \times V_s \quad (II-24)$$

*Delivery Horse Power (DHP)*

- $DHP = EHP / \eta_D$

$$\eta_D = \eta_H \times \eta_O \times \eta_{RR} \quad (II-25)$$

$\eta_H$  = Efisiensi badan kapal

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

$\eta_{RR}$  = Efisiensi relatif rotative

*Break Horse Power (BHP)*

- $BHP = DHP + (X \% \times DHP)$  (II-26)

Dimana X merupakan faktor tambahan koreksi letak kamar mesin dan koreksi daerah pelayaran.

#### II.1.5.3 Perhitungan Lambung Timbul (*Freeboard*)

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan dalam mengangkut muatan menjadi jaminan utama kelayakan dari sistem transportasi laut yang ditawarkan pada pengguna jasa. Perhitungan ini merupakan salah satu persyaratan keselamatan kapal. Lambung timbul mempunyai fungsi sebagai daya apung cadangan ketika kapal berlayar. Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi

sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Perhitungan lambung timbul menggunakan peraturan *International Load Line Convention* (IMO, 1988). Perhitungan yang dilakukan dengan menggunakan lambung timbul awal pada tabular freeboard, selanjutnya dilakukan koreksi-koreksi: koefisien blok ( $C_b$ ), tinggi kapal ( $D$ ), bangunan atas ( $S$ ), dan koreksi *sheer*.

Besarnya *freeboard* adalah panjang yang diukur sebesar 96% panjang garis air (LWL) pada 85% tinggi kapal *moulded*. Untuk memilih panjang *freeboard*, pilih yang terpanjang antara  $L_{pp}$  dan 96% LWL pada 85%  $H_m$ . Lebar *freeboard* adalah lebar *moulded* kapal pada *midship* ( $B_m$ ) dan tinggi *freeboard* adalah tinggi yang diukur pada *midship* dari bagian atas *keel* sampai pada bagian atas *freeboard deck beam* pada sisi kapal ditambah dengan tebal pelat *stringer* (senta) bila geladak tanpa penutup kayu. Adapun langkah untuk menghitung *freeboard* berdasarkan *Load Lines* 1966 and *Protocol of 1988* sebagai berikut:

- Tipe kapal

Tipe A adalah kapal dengan persyaratan salah satu dari:

1. Kapal yang dirancang memuat muatan cair dalam *bulk*.
2. Kapal yang mempunyai integritas tinggi pada geladak terbuka dengan akses bukaan ke kompartemen yang kecil, ditutup sekat penutup baja yang kedap atau material yang *equivalent*.
3. Mempunyai permeabilitas yang rendah pada ruang muat yang terisi penuh.  
Contoh: *Tanker, LNG carrier*.

- Tipe B adalah kapal yang tidak memenuhi persyaratan pada kapal tipe A.

Contoh: *Grain carrier, ore carrier, general cargo, passenger ships*

a. *Freeboard standard*, yaitu *freeboard* yang tertera pada tabel *freeboard standard* sesuai dengan tipe kapal.

b. Koreksi

- Koreksi untuk kapal dengan panjang kurang dari 100 m
- Koreksi blok koefisien ( $C_b$ )
- Koreksi tinggi standar kapal
- Koreksi tinggi standar bangunan atas
- Minimum bow height

#### **II.1.5.4 Perhitungan Stabilitas Kapal**

Stabilitas merupakan persyaratan utama untuk mengukur keselamatan kapal yang akan berlayar. Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula

setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan *Intact Stability Code* (IMO, 2002).

Perhitungan stabilitas pada tugas akhir ini ini menggunakan rumusan yang diberikan oleh George Manning dalam bukunya *The Theory and Technique of Ship Design*. Dengan pendekatan lengan penegak stabilitas adalah sebagai berikut:  $GZ = a_1 \sin\theta + a_2 \sin^2\theta + a_3 \sin^3\theta$ , dimana  $a_1, a_2, a_3$  adalah konstanta yang merupakan fungsi ukuran utama kapal, sheer, lambung timbul, *poop* dan *forecastle*. Sedangkan  $\theta$  adalah sudut roll untuk perhitungannya stabilitas (Manning 1956)

Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain :

- Titik G (*grafity*) yaitu titik berat kapal.
- Titik B (*bouyancy*) yaitu titik tekan ke atas dari volume air yang dipindahkan oleh bagian kapal yang tercelup di dalam air.
- Titik M (*metacentre*) yaitu titik perpotongan antara vektor gaya

Pengecekan perhitungan stabilitas menggunakan "Intact Stability Code, IMO" Kriteria stabilitas untuk semua jenis kapal:

- $E_{0.30} \geq 0.055$  m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ$  lebih dari 0.055 meter radian.

- $e_{0 \sim 40} \geq 0.09$  m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ$  lebih dari 0.09 meter radian.

- $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03$  m.rad

Luas gambar dibawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ$  lebih dari 0.03 meter.

- $h_{30} \geq 0.2$  m

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

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

- Tinggi Metasenter awal  $GM_0$  tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

### II.1.5.5 Perhitungan Berat Kapal

Berat dan titik berat merupakan komponen penting dalam mendesain kapal, yang akan berpengaruh langsung pada stabilitas kapal, performance dan biaya. Perhitungan berat dan titik berat menggunakan rumus-rumus pendekatan, berat kapal terdiri dari LWT dan DWT. Setelah berat LWT dan DWT diketahui maka dilakukan perhitungan titik Berat LWT dan DWT untuk mencari harga KG dan LCG (Watson 1998).

- Menghitung LWT

LWT digolongkan menjadi beberapa bagian, diantaranya adalah berat konstruksi, berat peralatan dan perlengkapan, dan berat permesinan. Sedangkan untuk DWT dibagi terdiri atas beberapa komponen, meliputi berat bahan bakar, berat minyak pelumas, berat air tawar, berat provision, berat orang dan berat barang bawaan.

a) Perhitungan berat baja kapal

$$W_{si} \text{ (Ton)} = K \times E_{1,36} \quad (\text{II-27})$$

Dimana nilai E merupakan *The Lloyd Equipment numeral* (1962) yang digunakan untuk mengestimasi berat baja kapal dapat dilihat pada rumus.

$$E = L(B+T) + 0,85L(D-T) + 0,85 \{ (11.h_1) + 0,75(12.h_2) \} \quad (\text{II-28})$$

Dimana : K = Koefisien factor

Selanjutnya dilakukan koreksi karena pengurangan material untuk *scrap*. Jumlah pengurangan dapat dilihat pada grafik Watson dimana %Scrap-8.48% dapat dilihat pada rumus.

$$W_{si}' = W_{si} - (\% \text{Scrap} \cdot W_{si}) \quad (\text{II-29})$$

Koreksi berikutnya adalah koreksi koefisien blok kapal. Maka nilai koreksinya

$$\text{sebesar: } W_{st} = W_{si}' (1 + 0.05 (Cb' - Cb)) \quad (\text{II-30})$$

b) Perhitungan berat perlengkapan kapal

Perhitungan berat perlengkapan (EO) dilakukan dengan menggunakan metode dalam buku *ship design for efficiency and economy* (Scneekluth, 1998). Perhitungan berat EO terbagi menjadi dua bagian yaitu untuk rumah geladak (Group III: *Living Quarters*) dan selain rumah geladak (Group IV: *Miscellaneous*).

$$W_{eo} \text{ (Ton)} = [(Asp + Adh) \times Calv] + [Amd \times Ceo] \quad (\text{II-31})$$

Dimana : Calv = 165 kg/m<sup>2</sup>

$$Ceo = 180 \text{ kg/m}^2$$

c) Perhitungan berat cadangan

$$W_{res} \text{ (Ton)} = (5-10)\% \times LWT \quad (\text{II-32})$$

### II.1.5.6. Perhitungan Titik Berat Kapal

Perhitungan titik berat kapal bertujuan untuk mengetahui letak titik berat kapal dari segi horizontal dan vertikal terhadap badan kapal. Perhitungan ini berkaitan dengan analisa stabilitas kapal. Untuk mengetahui titik berat kapal keseluruhan perlu dilakukan perhitungan terhadap titik berat baja kapal, permesinan, peralatan dan perlengkapan, *payload*, dan *consumable*.

- **Perhitungan Titik Berat Baja Kapal**

Titik berat baja kapal ditentukan dengan metode pendekatan berdasarkan *Harvald and Jensen Method* yang dikembangkan pada tahun 1992. Perumusannya adalah sebagai berikut:

$$KG (m) = CKG - DA \quad (II-33)$$

Dimana:  $CKG$  = Koefisien Titik Berat.

Tabel II 2 Koefisien Titik Berat Baja Kapal

Tipe Kapal	$CKG$
Passanger Ship	0.67-0.72
Large Cargo Ship	0.58-0.64
Small Cargo Ship	0.60-0.80
Bulk Carrier	0.55-0.58
Tankers	0.52-0.54

Sumber: (Bertram and Schneekluth 1998)

$$CKG = 0.6 \text{ (small cargo ship)}$$

$$DA (m) = D + \frac{V_a + V_{dh}}{L \times B} \quad (II-34)$$

- **Perhitungan titik berat Permesinan**

Titik berat baja permesinan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (Scneekluth, 1998):

$$KGm (m) = HDB + 0.35 (D-HD) \quad (II-35)$$

- **Perhitungan titik berat peralatan dan perlengkapan**

Titik berat peralatann dan perlengkapan ditentukan dengan metode pendekatan sebagai berikut (Scneekluth, 1998):

$$KGeo (m) = (1.02 \sim 1.08) \times DA \quad (II-36)$$

Diambil = 1.02.

- **Perhitungan Titik Berat Payload dan Consumable**

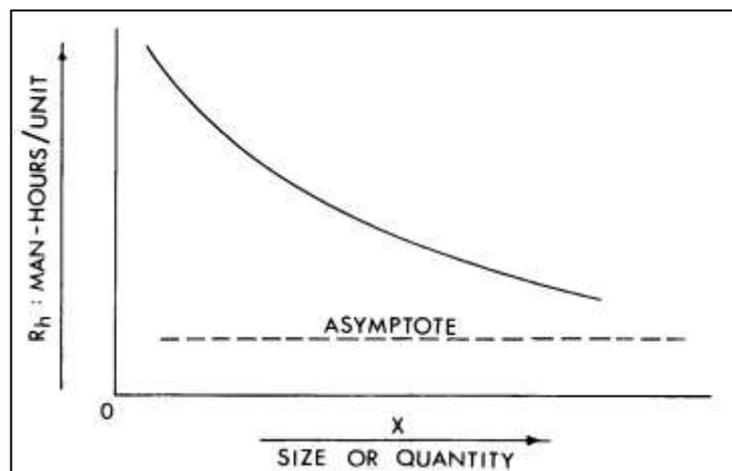
Titik berat *payload* dan *consumable* dapat dihitung berdasarkan letak tangki-tangki *payload* dan *consumable* yang direncanakan.

### II.1.6.7. Perhitungan Biaya Pembangunan

Perhitungan ekonomis sebuah kapal didasarkan pada biaya investasi yang dapat diartikan sebagai biaya pembangunan kapal yang terdiri dari biaya material untuk struktur bangun kapal, biaya peralatan, biaya permesinan, dan biaya pekerja, modal *cost*, asuransi, perawatan, pajak pemerintah, dll. Biaya investasi tersebut dibagi menjadi 4 bagian yaitu (Watson 1998):

1. Biaya pembangunan material (*structural weight cost*)
2. Biaya permesinan (*machinery cost*)
3. Biaya peralatan dan perlengkapan (*hull outfitting cost*)
4. *Non weight cost*

Menurut paper *preliminary ship cost estimation* karya J. Carreyette pemeriksaan biaya material dan blok pada baja, peralatan perlengkapan dan permesinan menunjukkan bahwa memiliki karakteristik yang serupa tetap tidak sama dengan biaya tenaga kerja. Yaitu dengan meningkatnya kuantitas dan ukuran, tingkat biaya per ton, per meter persegi akan mengurang. Penurunannya tidak linear tetapi berupa asimtotik ke tingkat constant seperti yang ditunjukkan pada Gambar II 4 berikut ini.



Gambar II 4 Grafik Karakteristik Biaya Tenaga Kerja

Dari paper tersebut juga dijelaskan bahwa sangat mungkin untuk membuat rumus yang dapat diandalkan yang memberikan biaya dari beberapa item tertentu. Namun untuk membuatnya tidak mudah dibuat karena data mentah yang sulit diperoleh kecuali di beberapa galangan tertentu yang mau mencarinya. Karena alasan itu dibuat metode dengan persamaan

pemeriksaan biaya. Adapun cara menghitung total *costs* yaitu dengan cara total *costs* adalah total biaya tenaga kerja ditambah total biaya material. Dimana total biaya kerja adalah biaya tenaga kerja langsung ditambah biaya *overhead* ditambah keuntungan. Sedangkan biaya material adalah biaya supplier ditambah biaya penanganan dan keuntungan (Carreyette 1977). Apabila dijabarkan dalam pendekatan persamaan maka didapatkan rumus untuk menghitung biaya pembangunan seperti berikut ini.

$$C_s = A' \frac{W_s^{2/3} L^{2/3}}{cb} + B' W_s + C' W_o^{\frac{2}{3}} + D' W_o^{0.95} + E' P^{0.82} \quad (\text{II-37})$$

$$C_s = C_{s_1} + C_{s_m} + C_{o_1} + C_{o_m} + C_M \quad (\text{II-38})$$

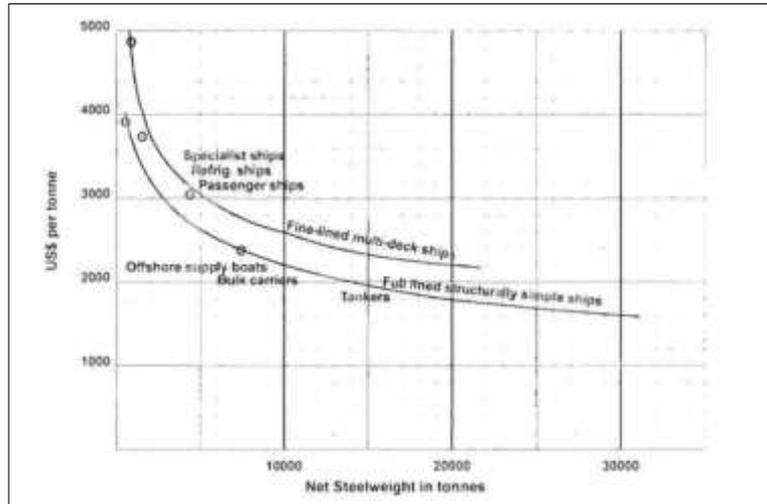
Total cost = Steelwork (labour matls) + Outfit (labour matls) + Machinery (labour matls)

Dimana :

- Cs = Jumlah total biaya pembangunan kapal
- Ws = berat baja struktur (ton)
- L = Panjang kapal LPP (m)
- Cb = Koefisien blok
- Wo = berat perlengkapan (ton)
- P = Daya mesin

## 1. Biaya Pembangunan Material

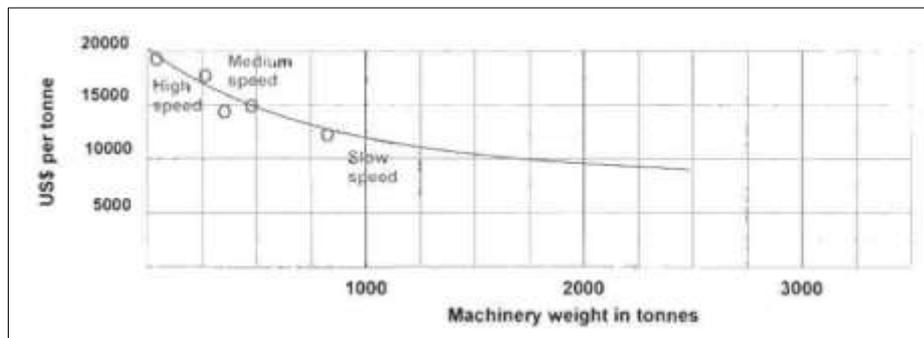
*Structural weight cost* merupakan jumlah biaya yang didapatkan dari berat total baja yang dibutuhkan untuk membangun sebuah kapal. Setelah didapatkan total berat baja yang dibutuhkan, total biaya akan didapatkan berdasarkan berat baja dikalikan dengan biaya berat baja per ton. Pendekatan biaya baja per ton diberikan oleh Watson melalui grafik dalam buku *practical ship design*. Grafik tersebut dapat dilihat pada Gambar II 5 berikut ini.



Gambar II 5 Grafik Estimasi Berat Baja – Harga Baja

## 2. Biaya Permesinan

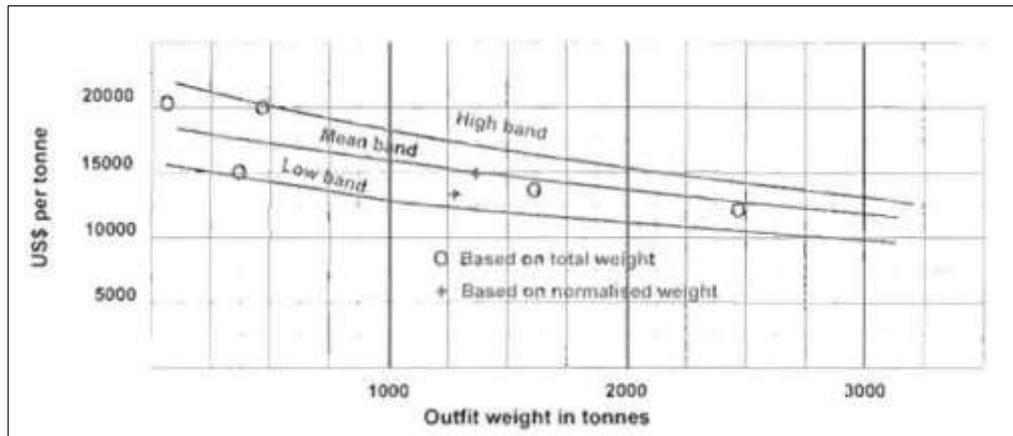
Machinery Weight Cost merupakan perhitungan biaya permesinan didasarkan pada kebutuhan kapal. Setelah dilakukan pemilihan, maka dicari harga dari masing-masing permesinan tersebut untuk kemudian dilakukan perhitungan sebagai biaya permesinan secara keseluruhan. Grafik estimasi berat permesinan dan harga kapal dapat dilihat pada Gambar II 6 berikut ini.



Gambar II 6 Grafik Estimasi Berat Permesinan – Harga Kapal

## 3. Biaya Peralatan dan Perlengkapan

*Outfitting Weight Cost* merupakan biaya perlengkapan dan peralatan didasarkan pada kebutuhan kapal. Setelah dilakukan pemilihan maka dicari harga dari masing-masing perlengkapan dan peralatan tersebut untuk kemudian dilakukan perhitungan sebagai biaya perlengkapan dan peralatan secara keseluruhan. Berikut adalah Grafik estimasi berat outfitting dan harga kapal dapat dilihat pada Gambar II 7 berikut.



Gambar II 7 Grafik Outfitting dan Harga Kapal

#### 4. Biaya Non Weight

Biaya ini merupakan biaya-biaya yang tidak dapat dikelompokkan dengan ketiga grup biaya sebelumnya. Misalnya biaya *drawing office labour* dan *overhead*, biaya biro klasifikasi, biaya konsultan, biaya tank test, modal cost, asuransi dll. Dengan estimasi biayanya adalah 7.5% - 12% dari total biaya ketiga grup biaya sebelumnya.

### II.2. Tinjauan Pustaka

Dalam tugas akhir ini diperlukan beberapa macam tinjauan pustaka yang dapat digunakan sebagai landasan. Tinjauan pustaka yang digunakan didapatkan dari berbagai macam sumber yang telah dikaji oleh banyak orang. Berikut ialah beberapa tinjauan pustaka yang digunakan sebagai dasar untuk penelitian tersebut.

#### II.2.1. Penelitian Menggunakan Teknik Optimasi

Dalam beberapa tahun terakhir teknik optimasi sering digunakan untuk menyelesaikan masalah yang terjadi, guna meminimalkan usaha ataupun meningkatkan keuntungan yang ada. Sehingga optimasi sendiri banyak digunakan peneliti ataupun mahasiswa sebagai metode tugas akhir mereka. Berikut ini adalah beberapa penelitian yang menggunakan metode optimisasi tersebut.

*Hamburgische Schiffbau-Versuchsanstalt (HSVA)* yang merupakan perusahaan penyedia jasa untuk penelitian dan pengembangan teknologi di Jerman telah membuat *software* untuk mengoptimisasi bentuk *hull* kapal. Prinsip dasar kerjanya adalah dengan menarik-narik *hull* kapal. Namun *software* tersebut belum ada di Indonesia sehingga untuk mengoperasikannya perlu mendatangkan tenaga ahli (Febriyanto 2011).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Febriyanto mengenai optimisasi bentuk *bulbous bow* pada kapal Tanker 6500 DWT. Penelitian tersebut mengubah bentuk *bulbous bow* dengan cara memanfaatkan aplikasi *automation* pada *software maxsurf* dengan dihubungkan langsung dengan *microsoft excel*. Dari proses optimisasi tersebut didapatkan kapal Tanker 6500 DWT dengan bentuk *bulbous bow* optimal dapat mereduksi hambatan sebesar 2.221% terhadap kapal tanpa *bulbous bow* (Febriyanto 2011)

Penelitian yang dilakukan oleh Varisha Vada Zumar dan Hasanudin mengenai optimisasi global dan lokal pada kapal *landing craft tank* (LCT). Peneliti ini menggunakan metode optimisasi global dan lokal karena dinilai mampu menentukan ukuran utama kapal yang optimum, pada optimisasi global nilai yang didapatkan bersifat umum sehingga hasil yang didapatkan kurang mampu mencapai nilai optimum. Oleh karena itu digunakan optimisasi lokal untuk mengatasi kelemahan tersebut. Optimisasi global menggunakan metode *artificial neural network* (ANN) dan optimisasi lokal menggunakan metode *generalized reduced gradient* (GRG). Optimisasi dilakukan dengan pembuatan program *add-ins* pada *visual basic for application* yang terdapat di *microsoft excel*. Hasil optimisasi gabungan dua metode tersebut menghasilkan fungsi objektif yang lebih optimum yaitu meminimalkan biaya pembangunan kapal. (Zumar and Hasanudin 2018)

## **II.2.2. Penyeberangan Pelabuhan Bajoe - Kolaka**

Berikut ini adalah lintas penyeberangan dan kondisi Pelabuhan Bajoe – Pelabuhan Kolaka.

### **II.2.1.1 Lintas Penyeberangan Pelabuhan Bajoe – Kolaka**

Rute Bajoe – Kolaka merupakan lintas penyeberangan yang menghubungkan Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan dengan Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara yang memiliki jarak lintas sepanjang 86 Nmil. Waktu tempuh yang dibutuhkan sekitar 9 jam. Rute ini dimaksud mampu memangkas waktu perjalanan darat menjadi lebih singkat karena melintasi Teluk Bone. Karena fungsinya yang strategis dan didukung oleh prasarana pelabuhan yang cukup memadai, maka pelabuhan penyeberangan Bajoe – Kolaka mengalami peningkatan jumlah penumpang, kendaraan, dan barang setiap tahunnya (KNKT 2012).



Sumber : (Google Earth)

Gambar II 8 Lintas Penyeberangan Bajoe – Kolaka

### II.2.1.2 Pelabuhan Bajoe

Pelabuhan Bajoe terletak pada Kabupaten Bajo'e Sulawesi Selatan pelabuhan ini merupakan pelabuhan kapal penyeberangan yang dikelola oleh direktorat lalu lintas dan angkutan sungai danau dan penyeberangan ASDP. Pelabuhan ini mempunyai kedalaman di dermaga yang berkisar hanya 1 – 3 meter sehingga untuk masuk kedalam pelabuhan perlu masuk melalui jalan layang 3 km dari daratan. Pelabuhan ini mempunyai peranan penting untuk mentransportasikan penumpang dan barang dari Makassar / Palu pada khususnya menuju Kendari.



Sumber : (Google Maps)

Gambar II 9 Letak Pelabuhan Bajoe

### II.2.1.3 Pelabuhan Kolaka

Pelabuhan Kolaka terletak di Kabupaten Kolaka yang merupakan wilayah hinterland pelabuhan yang memiliki potensi sumber daya alam yang besar, baik yang berasal dari sektor pertanian, perkebunan, pertambangan, perikanan dan lain-lain. Pelabuhan ini melayani pergerakan penumpang dan barang. Untuk pelayanan penumpang, pelabuhan ini merupakan pelabuhan kelas V dan berfungsi sebagai pelabuhan pengumpan yang dikelola oleh PT. ASDP (Kolaka) Persero sedangkan untuk pelayanan barang merupakan pelabuhan utama primer dan berada dibawah satuan kerja PT.Pelindo IV yang berpusat di Makassar.



Sumber : (Google Maps)

Gambar II 10 Letak Pelabuhan Kolaka

### II.2.3. Letak Geografis Bajoe - Kolaka

Berikut adalah letak geografis dari Pelabuhan Bajoe yang terletak di Kabupaten Bone dan Pelabuhan Kolaka yang terletak di Kabupaten Kolaka.

#### II.2.1.1 Bajoe

Kabupaten Bone adalah salah satu Daerah otonom di provinsi Sulawesi Selatan, Indonesia. Ibu kota kabupaten ini terletak di Watampone. Kabupaten ini memiliki luas wilayah 4.559 km<sup>2</sup> dan berpenduduk sebanyak kurang lebih 717,268 jiwa (2010). Kabupaten Bone sebagai salah satu daerah yang berada di pesisir timur Sulawesi Selatan memiliki posisi strategis dalam perdagangan barang dan jasa di Kawasan Timur Indonesia yang secara administratif terdiri dari 27 kecamatan, 333 desa dan 39 kelurahan. Kabupaten ini terletak 174 km ke arah timur Kota Makassar, berada pada posisi 4°13'- 5°6' LS dan antara 119°42'-120°30' BT. Luas wilayah Kabupaten Bone 4.559 km<sup>2</sup>.

Berdasarkan hasil pencacahan Sensus Penduduk 2010, jumlah penduduk Kabupaten Bone adalah 717.268 jiwa, terdiri atas 341.335 laki-laki dan 375.933 perempuan. Dengan luas wilayah Kabupaten Bone sekitar 4.559 km<sup>2</sup> persegi, rata-rata tingkat kepadatan penduduk Kabupaten Bone adalah 157 jiwa per km<sup>2</sup>. Pada wilayah Kabupaten Bone terdapat juga pengunungan dan perbukitan yang dari celah-celahnya terdapat aliran sungai. Disekitarnya terdapat lembah yang cukup dalam. Kondisinya sebagian ada yang berair pada musim hujan

yang berjumlah sekitar 90 buah. Namun pada musim kemarau sebagian mengalami kekeringan, kecuali sungai yang cukup besar, seperti sungai Walenae, Cenrana, Palakka, Jaling, Bulu-bulu, Salomekko, Tobunne dan Lekoballo.

### **II.2.1.1 Kolaka**

Kabupaten Kolaka adalah sebuah kabupaten di provinsi Sulawesi Tenggara, Indonesia. Ibu kotanya adalah Kolaka. Kabupaten Kolaka(induk) telah dua kali mengalami pemekaran, yakni Kabupaten Kolaka Utara, dan yang terbaru adalah Kabupaten Kolaka Timur yang telah disahkan pada akhir tahun 2012. Pasca pemekaraan, Kabupaten Kolaka mencakup jazirah daratan dan kepulauan yang memiliki wilayah daratan seluas  $\pm 3.283,64 \text{ Km}^2$ , dan wilayah perairan (laut) diperkirakan seluas  $\pm 15.000 \text{ Km}^2$  dan jumlah penduduk 213.064 jiwa (2011). Dari luas wilayah tersebut Kabupaten Kolaka dibagi dalam 12 (dua belas) Kecamatan.

Sedangkan Kolaka terletak di jazirah Tenggara pulau Sulawesi dan secara geografis terletak pada bagian barat Propinsi Sulawesi Tenggara memanjang dari utara ke selatan berada di sekitar  $3^{\circ}13'$ - $4^{\circ}35'$ Lintang Selatan dan membentang dari Barat ke Timur diantara  $121^{\circ}05'$ - $121^{\circ}99'$  Bujur Timur yang secara administratif berbatasan dengan:

- Sebelah Utara : Kabupaten Kolaka Utara
- Sebelah Barat : Teluk Bone
- Sebelah Selatan : Kabupaten Bombana
- Sebelah Timur : Kabupaten Konawe dan Konawe Selatan mencakup jazirah daratan dan kepulauan dengan luas  $\pm 6.918,38 \text{ km}^2$  dan perairan laut seluas  $15.000 \text{ km}^2$ . (PT. R95 NAVAL ARCHITECT 2015)

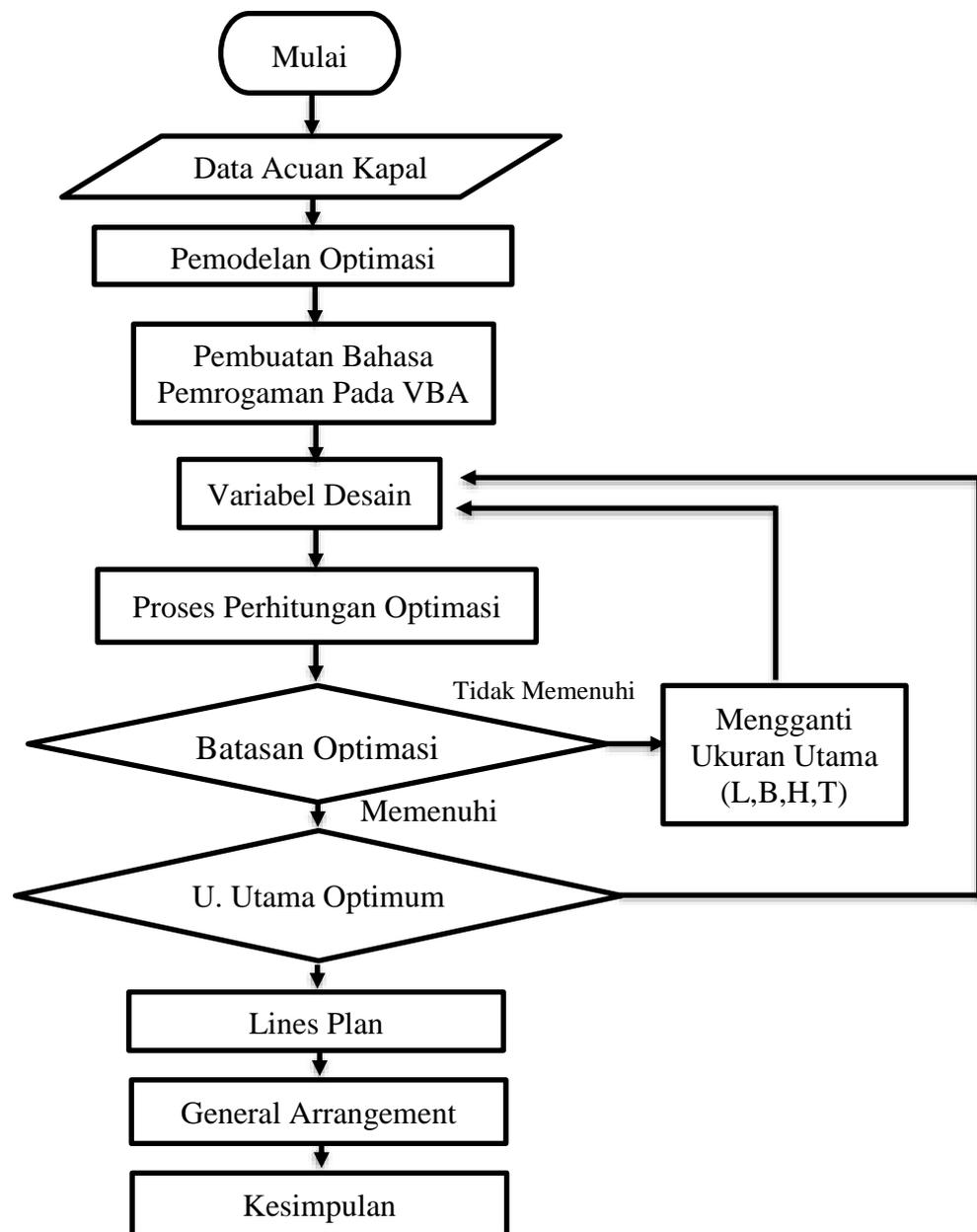
### **II.2.4. Kecelakaan Rute Bajoe - Kolaka**

Rute Bajoe - Kolaka dipilih sebagai potret untuk pelayaran penyeberangan untuk seluruh nusantara karena: rute ini salah satu rute padat, mempunyai gelombang yang relatif tinggi dan terjadi beberapa kecelakaan stabilitas kapal bocor. Tahun 1997, KMP Rahmat Buhari tengelam akibat mesin mati. Tahun 2011, KMP. Windu Karsa tengelam akibat kapal bocor pada ruang kemudi. Pada tahun 2013, KMP Dharma Kartika kandas dihantam gelombang, KMP Marina Firdaus yang memuat truk pengangkut barang terbalik saat perjalanan laut dari Pelabuhan Kolaka.

## BAB III METODOLOGI

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah dalam pengerjaan Tugas Akhir ini, penjelasan dimulai dari diagram alir pengerjaan. metode pengerjaan, bahan dan peralatan, dan proses pengerjaan.

### III.1. Bagan Alir



Gambar III 1 Bagan Alir Pengerjaan Tugas Akhir

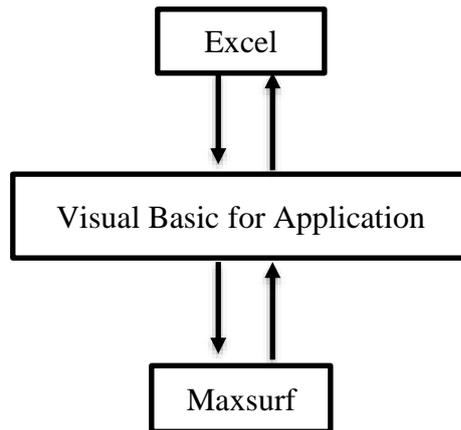
### **III.2. Metode**

Metode yang digunakan dalam pengerjaan Tugas Akhir ini adalah menggunakan metode *set based design* dimana metode ini menggunakan sistem alternatif secara paralel, dengan melihat sesuatu yang jelas bernilai dan mengeliminasi yang dianggap tidak menguntungkan. Maksud dari sistem paralel adalah dilakukannya optimisasi terhadap suatu hal yang ditinjau. Kemudian dari banyak nilai optimisasi tersebut, akan diambil nilai yang benar-benar efisien. Serta menggunakan metode optimisasi *neural network* untuk memvariasikan ukuran utama kapal. Penggunaan metode tersebut akan dibantu dengan penggunaan *visual basic for application* (VBA) yang terdapat di dalam *Microsoft Excel* dan *maxsurf*. Penggunaan metode optimisasi tersebut untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum. Kriteria batasan dan parameter optimisasi sesuai dengan *owner requirement* dari *parent* kapal yang telah dianalisis serta meninjau wilayah dimana kapal akan beroperasi, dalam Tugas Akhir ini dipilih rute Pelabuhan Bajo'e dan Pelabuhan Kolaka.

### **III.3. Bahan dan Peralatan**

Alat yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini adalah laptop pribadi dan pc laboratorium desain sebagai alat untuk menulis laporan, membuat program, dan mendesain kapal. Dan juga menggunakan alat bantu software yaitu *excel*, *vba* dan *maxsurf* sebagai alat bantu untuk pengaplikasian optimisasinya.

Alur kinerja alat bantu *software* tersebut ialah yang pertama adalah dari *excel* sebagai wadah model optimasinya, untuk merubah variabel dibutuhkan data geometri lambung kapal yang terdapat di *maxsurf*. Akan tetapi dari *excel* tidak bisa langsung merubah data geometri tersebut sehingga dibutuhkan alat lain yaitu *vba*. Melalui perantara *vba* ini dapat digunakan untuk mengontrol *maxsurf*. Setelah lambung kapal yang terdapat di *maxsurf* diubah, maka data tersebut diambil menggunakan perantara *vba* untuk merubah variabel yang terdapat di *excel*. Proses ini dinamakan proses merubah variasi ukuran utama. Untuk memvariasikan ukuran utama tersebut digunakan metode *artificial neural network* yang diaplikasikan melalui *vba*. Sehingga jumlah variasi yang muncul tergantung dari berapa nilai kombinasi variabel yang dibutuhkan.



Gambar III 3 Alur Kinerja Software

### III.4. Proses Pengerjaan

Secara umum sistematika dari pengerjaan tugas akhir ini terdiri dari beberapa tahapan antara lain:

#### III.4.1. Pengumpulan Literatur dan Data

Pada tahap ini penulis melakukan studi pustaka dengan mengambil beberapa sumber pustaka yang relevan untuk mengumpulkan literatur maupun informasi yang diperlukan dalam penelitian. Studi pustaka ini diawali dengan mengumpulkan sumber pustaka berupa buku-buku yang membahas tentang teori optimisasi *neural network*. Selain itu, referensi dalam penelitian ini diperoleh dari skripsi-skripsi maupun jurnal-jurnal dari situs-situs internet yang membahas tentang teori optimisasi tersebut. Untuk tinjauan wilayah, pengumpulan literatur diambil dari laporan Dinas Perhubungan, dan data-data dari situs-situs internet.

#### III.4.2. Pembuatan Program dan Link dengan Maxsurf

Pembuatan logaritma program dibuat dengan menggunakan *Visual Basic Application* (VBA) yang terdapat didalam *Microsoft Excel* serta dihubungkan dengan *Software Maxsurf*. Cara kerja dari program ini adalah menarik-narik *control point hull* kapal yang terdapat di *Maxsurf* dengan bantuan program dari *Visual Basic for Application* (VBA).

#### III.4.3. Pemodelan Optimisasi

Pembuatan pemodelan optimasi yang meliputi: *variable*, *parameter*, *constant*, *calculation processes*, *constrains* dan *objective function*. Variabel optimasi adalah menentukan ukuran utama kapal dengan fungsi objektifnya adalah meminimumkan biaya pembangunan kapal. Parameter dan *constraints* dari optimisasi didapatkan dari *owner requirements* yang telah dianalisis sebelumnya, regulasi dan peraturan statutory.

#### **III.4.4. Analisis Teknis dan Optimasi**

Variabel atau ukuran utama yang didapatkan dari kapal *existing* dan dilakukan penyaringan atau filter untuk mengetahui kombinasi ukuran utama yang memenuhi batasan. Jika hasilnya tidak memenuhi, maka ukuran utama tersebut akan diganti dengan variabel baru. Setelah hasil penyaringan kombinasi 1 variabel dilakukan, maka didapatkan ukuran utama yang baru dipilih berdasarkan nilai fungsi objektif yang terkecil. Setelah itu dilakukan proses pengecekan konvergensi menggunakan grafik fungsi objektif tiap kombinasi variabel. Apabila kombinasi 1 variabel tidak memenuhi sifat konvergensi, maka dilakukan percobaan menggunakan kombinasi variabel yang baru hingga didapatkan sifat konvergensi paling baik. Sehingga didapatkan ukuran utama dengan fungsi objektif paling kecil yang memenuhi batasan optimisasi dan memiliki sifat konvergensi terbaik.

#### **III.4.5. Desain dan Perancangan**

Dalam tahap ini dilakukan desain dan perancangan dari kapal yang meliputi rencana garis, yaitu desain bentuk badan kapal meliputi *body plan*, *sheer plan* dan *half-breadth plan*, serta sistem propulsi kapal *Ferry Ro-RO*. Setelah itu dilakukan desain perencanaan umum (*general arrangement*), desain rencana keselamatan dan pemodelan 3D.

## **BAB IV**

### **ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

Pada bab IV ini akan dijelaskan mengenai analisis dan pembahasan dari optimisasi kapal (Ro-Ro) menggunakan *software visual basic* dan *maxsurf*. Adapun analisis yang dijelaskan adalah analisis *owner requirement*, pemodelan optimasi, Analisa hasil optimasi, dan analisis teknis. Optimisasi yang dilakukan dengan nilai kombinasi yang berjumlah 1-10 dengan jumlah 1-10000 variasi ukuran utama, dari jumlah variasi ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi akan dipilih yang memiliki nilai fungsi objektif minimal. Adapun fungsi objektif yang dicari adalah hambatan terkecil. Setelah mendapatkan ukuran utama yang optimal maka akan didapatkan daya mesin, berat kapal, freeboard, dan stabilitas.

#### **IV.1. Owner Requirement**

Pada Bab IV.1 ini akan dijelaskan mengenai penentuan *payload*, rute pelayaran. Kapal yang dijadikan sebagai referensi untuk menentukan *owner requirement* adalah kapal KMP Rafelia 2. Kapal ini merupakan kapal *ferry* Ro-Ro penumpang berbendera Indonesia. Dahulu nama kapal ini adalah *Super Shuttle Ferry 22* dan *ex Shodoshima Maru* namun pada Tahun 2016 kapal ini mengalami kecelakaan.

##### **IV.1.1. Penentuan Payload**

Penentuan *payload* dibagi menjadi dua jenis yaitu muatan penumpang dan muatan kendaraan. Penentuan muatan penumpang diambil dari statistik jumlah penumpang maksimal dari kapal KMP. Rafelia 2. Tercatat pada laporan KNKT 2016 bahwa sesuai sertifikat keselamatan kapal jumlah maksimal penumpang adalah sebesar 354 orang dengan asumsi bahwa berat penumpang adalah sebesar 75 kg/unit. Serta jumlah crew kapal adalah sebesar 14 orang. Penentuan muatan kendaraan juga diambil dari kapal yang sama yang dibagi menjadi tiga kendaraan yaitu mobil dengan panjang  $\leq 5$  m yang dianggap memiliki 5 ton/unit, truck/bis atau kendaraan besar lainnya yang memiliki ukuran panjang 7 – 10 m yang dianggap memiliki berat 10 ton/unit, dan sepeda motor yang dianggap memiliki berat 0.1 ton/unit. Jumlah total muatan kendaraan kapal *ferry* adalah sebesar 10 unit mobil dengan  $L \leq 5$  m, 10 unit truck dengan  $7 \text{ m} \leq L \leq 10 \text{ m}$ , dan sepeda motor dengan yang berjumlah 20 unit. Sehingga *payload* yang didapatkan dari kapal *ferry* (Ro-Ro) ini adalah sebagai berikut.

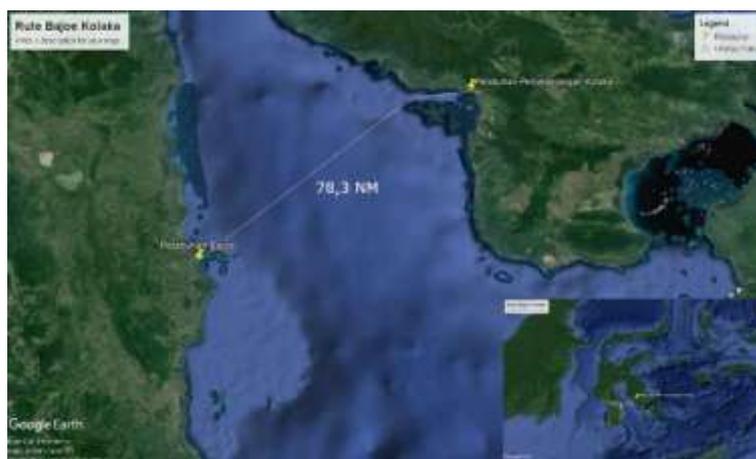
Tabel IV 1 Perhitungan Payload

Item	Jumlah	Berat (ton/unit)	Total Berat (ton)
Truck ( 7 m ≤ L ≤ 10 m)	10	10	100
Mobil ≤ 5 m	10	5	50
Sepeda Motor	20	0.1	2
Penumpang	354	0.075	26.55
			178.55

Dari Tabel IV diatas didapatkan bahwa total berat truck/bis dengan ukuran  $7\text{ m} \leq L \leq 10\text{ m}$  adalah 100 ton, total berat mobil dengan ukuran  $\leq 5\text{ m}$  adalah sebesar 50 ton, serta total berat sepeda motor adalah sebesar 2 ton. Sehingga total berat *payload* yang didapatkan adalah sebesar 178.55 ton.

#### IV.1.2. Rute Pelayaran

Rute pelayaran Bajoe – Kolaka dipilih sebagai rute pelayaran pada tugas akhir ini. Rute Bajoe - Kolaka ini dipilih sebagai potret untuk pelayaran penyeberangan untuk seluruh nusantara karena: rute ini salah satu rute penting yang ada di Indonesia. Rute ini menghubungkan Kabupaten Bone, Sulawesi Selatan dengan Kabupaten Kolaka, Sulawesi Tenggara yang memiliki jarak lintas sepanjang 78.3 Nm. Pelayanan penggunaan kapal penyeberangan ini dimaksudkan untuk memangkas waktu perjalanan darat menjadi lebih singkat karena melewati Teluk Bone. Menurut Buku Statistik Perhubungan Tahun 2016 rute Bajoe – Kolaka memiliki produksi penumpang per tahun 2016 sebesar 351.20 orang sedangkan produksi angkutan penyeberangan pada lintas ini adalah sebesar 61.67 unit per tahun.



Sumber : (Google Earth)

Gambar IV 1 Rute Pelayaran Bajoe - Kolaka

## IV.2. Pemodelan Optimisasi

Berikut adalah pemodelan optimisasi yang digunakan dalam tugas akhir ini sebagai langkah awal untuk menentukan ukuran utama yang optimal.

### IV.2.1. Variabel Desain

Untuk mendapatkan ukuran utama yang optimum dapat memvariasikan beberapa fungsi disebut juga sebagai variabel. Yang menjadi bahan pertimbangan dan digunakan sebagai variabel bebas dalam optimisasi perancangan kapal adalah variabel desain. Variabel ini merupakan ukuran utama kapal yang menjadi variabel keputusan yaitu panjang kapal ( $L_{pp}$ ), lebar kapal ( $B$ ), Tinggi kapal ( $H$ ) dan sarat kapal ( $T$ ). Ukuran utama yang dijadikan awal untuk proses optimisasi didapatkan dari kapal yang sudah ada yaitu KMP Rafelia. Adapun detail ukuran utama yang digunakan antara lain :

$$L_{pp} = 61.15 \quad \text{m}$$

$$B = 14 \quad \text{m}$$

$$H = 3.89 \quad \text{m}$$

$$T = 2.7 \quad \text{m}$$

### IV.2.2. Batasan (*Constraints*)

Batasan (*constraints*) adalah fungsi yang memiliki keterkaitan dengan variabel desain. Batasan tersebut digunakan sebagai *range* yang diambil dari beberapa solusi terbaik yang ditemukan. *Constraints* ditentukan oleh desainer dan *regulation*, yang berkaitan dengan proporsional geometri lambung, performa kapal dan regulasi. Adapun Batasan dari proses optimisasi adalah sebagai berikut.

#### IV.2.2.1 Batasan Ukuran Utama

Dari ukuran utama awal dibuat rasio agar hasil optimisasi tersebut dapat sesuai dengan bentuk kapal Ro-Ro. Rasio tersebut antara lain  $B/T$ ,  $L/B$ ,  $L/H$ , dan  $H/T$ .

##### IV.2.2.1.1 Panjang Kapal ( $L_{pp}$ )

Batasan ini dipertimbangkan sebagai fungsi panjang kapal. Ratio panjang kapal maksimum dan minimum yang digunakan adalah 10% dari  $L_{pp}$  ukuran utama awal.

$$\begin{aligned} L_{pp_{min}} &= L_{pp_{awal}} - 10\% L_{pp_{awal}} \\ &= 61.15 - (10\% \times 61.15) \\ &= 55.035 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
L_{pp_{max}} &= L_{pp_{awal}} + 10\% L_{pp_{awal}} \\
&= 61.15 + (10\% \times 61.15) \\
&= 67.256 \text{ m}
\end{aligned}$$

#### IV.2.2.1.2 Lebar Kapal (B)

Batasan ini dipertimbangkan sebagai fungsi lebar kapal Ro-Ro. Ratio lebar kapal maksimum dan minimum yang digunakan adalah 10% dari lebar ukuran utama awal.

$$\begin{aligned}
B_{min} &= B_{awal} - 10\% B_{awal} \\
&= 14 - (10\% \times 14) \\
&= 12.6 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
B_{max} &= B_{awal} + 10\% B_{awal} \\
&= 14 + (10\% \times 14) \\
&= 15.4 \text{ m}
\end{aligned}$$

#### IV.1.2.1.3 Tinggi Kapal (H)

Batasan ini dipertimbangkan sebagai fungsi tinggi kapal Ro-Ro. Ratio lebar kapal maksimum dan minimum yang digunakan adalah 10% dari tinggi ukuran utama awal.

$$\begin{aligned}
H_{min} &= H_{awal} - 10\% H_{awal} \\
&= 3.89 - (10\% \times 3.89) \\
&= 3.501 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
H_{max} &= H_{awal} + 10\% H_{awal} \\
&= 3.89 + (10\% \times 3.89) \\
&= 4.279 \text{ m}
\end{aligned}$$

#### IV.2.2.1.4 Sarat Kapal (T)

Batasan ini dipertimbangkan sebagai fungsi sarat kapal Ro-Ro. Ratio lebar kapal maksimum dan minimum yang digunakan adalah 10% dari sarat ukuran utama awal.

$$\begin{aligned}
T_{min} &= T_{awal} - 10\% T_{awal} \\
&= 2.7 - (10\% \times 2.7) \\
&= 2.43 \text{ m}
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
T_{max} &= T_{awal} + 10\% T_{awal} \\
&= 2.7 + (10\% \times 2.7) \\
&= 2.97 \text{ m}
\end{aligned}$$

#### **IV.2.2.2. Batasan *Freeboard***

Batasan *freeboard* akan dipenuhi jika *freeboard* pada kapal sebenarnya melebihi dari perhitungan *freeboard* standar. Kapal Ro-Ro termasuk kapal type B, dimana pengertian dari kapal type B adalah kapal yang bukan termasuk type A. Sehingga batasan lambung timbul dapat dihitung dengan menggunakan aturan *International Convention On Load Lines* (ILLC 1966).

#### **VI.2.2.3. Batasan Selisih Berat**

Batasan selisih berat dengan displasmen berpengaruh pada daya mesin, *freeboard*, dan perhitungan struktur. Batasan ini akan diterima jika presentase selisih gaya angkat displasemen dan gaya berat adalah  $\pm 5\%$  (Watson 1998).

#### **IV.2.2.4. Batasan Stabilitas IMO**

Tinggi metasentra melintang (MG) akan memunculkan indikator karakteristik stabilitas dari setiap kapal. Kapal dengan nilai MG tinggi akan memiliki periode oleng yang pendek dengan gerak yang tidak nyaman (*uncomfortable*) pada kecepatan tinggi. Kapal dengan nilai MG rendah akan memiliki periode oleng yang lama dan lebih nyaman. Batasan ini berpengaruh pada stabilitas kapal yang akan berlayar. Batasan ini didasarkan pada aturan *Intact Stability Criteria* (IMO, 2002).

#### **IV.2.3. Fungsi Objektif (*Objective Function*)**

Fungsi obyektif merupakan hubungan antara semua atau beberapa variabel serta parameter yang akan dioptimumkan. Dalam tugas akhir ini fungsi objektif yang ditentukan adalah untuk meminimalkan biaya pembangunan kapal. Dari beberapa variasi ukuran utama hasil dari optimisasi akan dipilih yang memiliki biaya pembangunan terkecil yang menjadi ukuran optimum.

#### **IV.3. Analisa Hasil Optimisasi**

Setelah model optimisasi dan pembuatan *code* program telah selesai dibuat, maka proses *running* dapat dilakukan. Program yang dibuat menggunakan teknik optimisasi global dan metode yang digunakan adalah *artificial neural network* (ANN) dengan bantuan *visual basic* yang terhubung langsung dengan *maxsurf*. Pada optimisasi ini digunakan 4 variasi variabel ukuran utama yaitu panjang kapal (Lpp), lebar kapal (B), Tinggi kapal (H) dan sarat kapal (T). Untuk menghasilkan ukuran utama yang optimum nilai *train* yang dianalisa adalah 1 – 10, dan jumlah variasi ukuran utama adalah  $n^4$ . Sehingga nilai variasi ukuran utama berjumlah 1 – 10000.

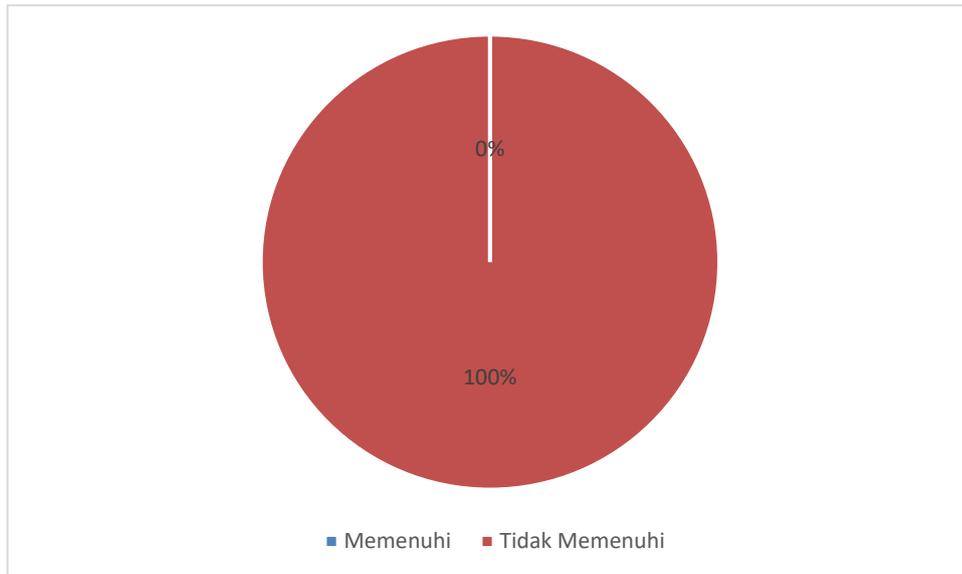
### **IV.3.1. Kombinasi 1 Variabel**

Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 1 didapatkan hasil 1 variasi ukuran utama. Nilai tersebut memiliki rincian sebagai berikut Lpp : 67.265 m, B : 15.4 m, H : 4.279 m, T : 2.97 m. Apabila *running* menggunakan kombinasi 1 variasi ukuran utama yang dihasilkan adalah nilai maksimal dari batasan yang ditentukan pada variabel desain seperti yang dibahas pada Bab IV.1.1. Pada nilai tersebut semua rasio ukuran utama memenuhi batasan optimisasi namun terdapat satu nilai batasan optimisasi yang mempengaruhi ukuran optimum yaitu koreksi displasemen yang tidak memenuhi batasan optimisasi. Sehingga kombinasi 1 tidak memiliki nilai ukuran utama yang optimum.

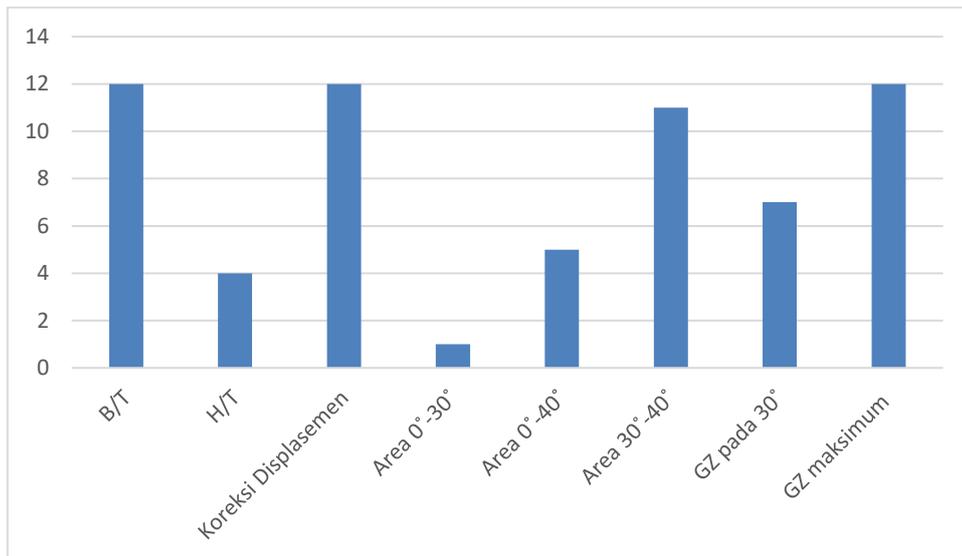
### **IV.3.2. Kombinasi 2 Variabel**

Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 2 didapatkan hasil 16 variasi ukuran utama. Nilai kombinasi yang muncul antara lain Lpp : 61.15 m dan 67.265 m ; B : 14 m dan 15.4 m ; H : 3.89 m dan 4.279 m; T : 2.7 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 12 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 4 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Selain rasio ukuran utama nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 12 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area 0°-30° sejumlah 1, area 0°-40° sejumlah 5, area 30°-40° sejumlah 11, GZ pada 30° sejumlah 7, dan GZ maksimal sejumlah 12. Seperti pada Gambar IV dibawah ini nilai B/T, H/T, koreksi displasemen dan stabilitas adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 2 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 0% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimisasi dan 100% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimisasi. Sehingga didapatkan total yang tidak memenuhi sebesar 16 variasi ukuran utama.



**Gambar IV 2** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 2



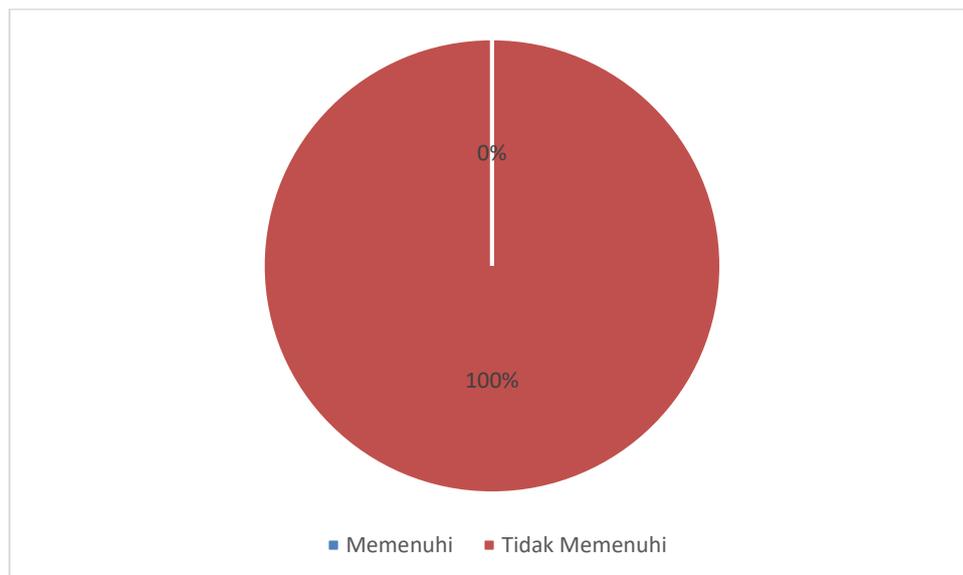
**Gambar IV 3** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 2

### IV.3.3. Kombinasi 3 Variabel

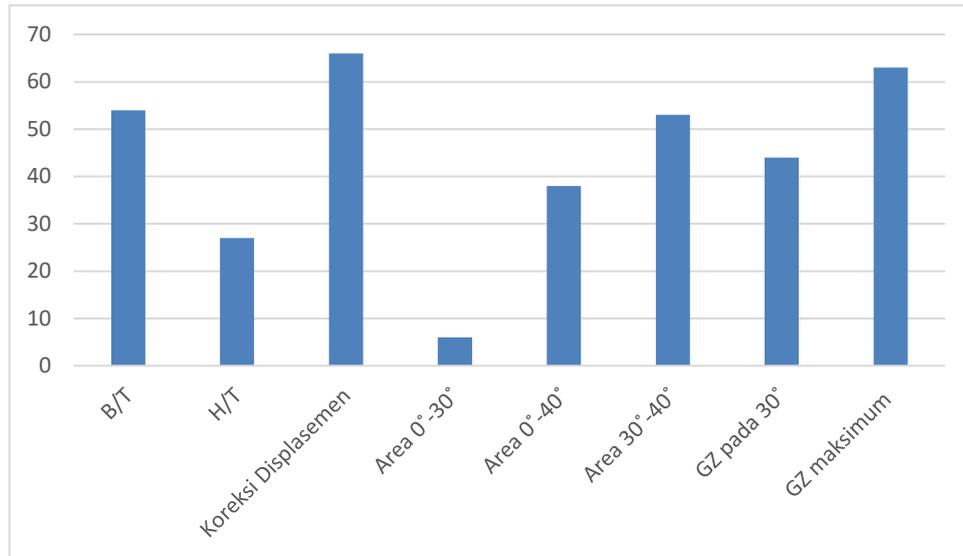
Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 3 didapatkan hasil 81 variasi ukuran utama. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang ( $L_{pp}$ ) : 59.112 m, 63.118 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 13.533 m, 14.467 m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.76 m, 4.02 m dan 4.279 m; sarat (T) : 2.61 m, 2.79 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 54 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 27 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Selain rasio ukuran utama nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 66 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan

adalah pada area  $0^{\circ}$ - $30^{\circ}$  sejumlah 6, area  $0^{\circ}$ - $40^{\circ}$  sejumlah 38, area  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  sejumlah 53, GZ pada  $30^{\circ}$  sejumlah 44, dan GZ maksimal sejumlah 63. Seperti pada Gambar IV dibawah ini nilai B/T, H/T, koreksi displasemen dan stabilitas adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 0% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 100% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi seperti pada Gambar IV 4 diagram *pie* dibawah ini. Sehingga didapatkan total yang tidak memenuhi batasan sebesar 81 variasi ukuran utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal.



**Gambar IV 4** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 3

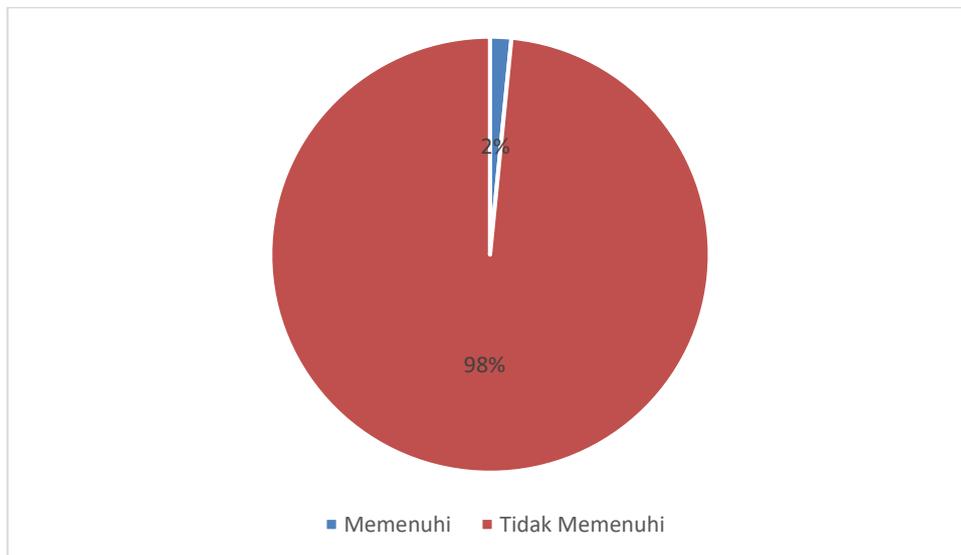


**Gambar IV 5** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 3

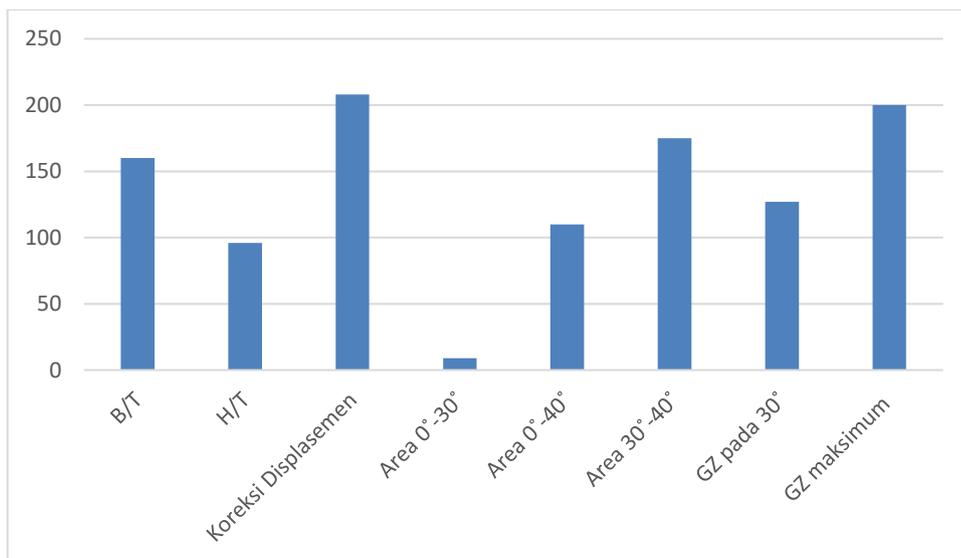
#### IV.3.4. Kombinasi 4 Variabel

Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 4 didapatkan hasil 256 variasi ukuran utama. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang (Lpp) : 58.093 m, 61.15 m, 64.208 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 13.3 m, 14 m, 14.7 m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.696 m, 3.89 m, 4.082 dan 4.279 m; sarat (T) : 2.565 m, 2.7 m, 2.835 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 160 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 96 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Selain rasio ukuran utama nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 208 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area 0°-30° sejumlah 9, area 0°-40° sejumlah 110, area 30°-40° sejumlah 175, GZ pada 30° sejumlah 127, dan GZ maksimal sejumlah 200. Oleh karena itu nilai B/T, H/T, koreksi displasemen dan stabilitas adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 6 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 2% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 98% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi. Sehingga didapatkan total yang memenuhi batasan sebesar 4 dan total yang tidak memenuhi sebesar 252 variasi ukuran utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal. Dari hasil ukuran utama yang didapatkan fungsi objektif terkecil adalah *train* ke 14 dengan nilai \$ 8,934,388.72 dan ukuran utama Lpp = 58.093 m, B = 13.3 m, H = 4.279 m, dan T = 2.75 m.



**Gambar IV 6** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 10



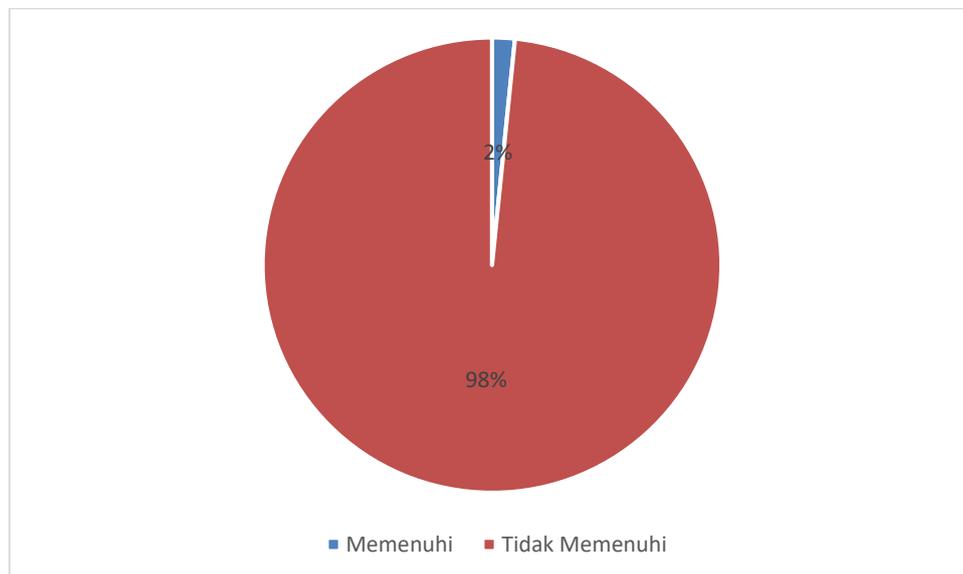
**Gambar IV 7** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 4

#### IV.3.5. Kombinasi 5 Variabel

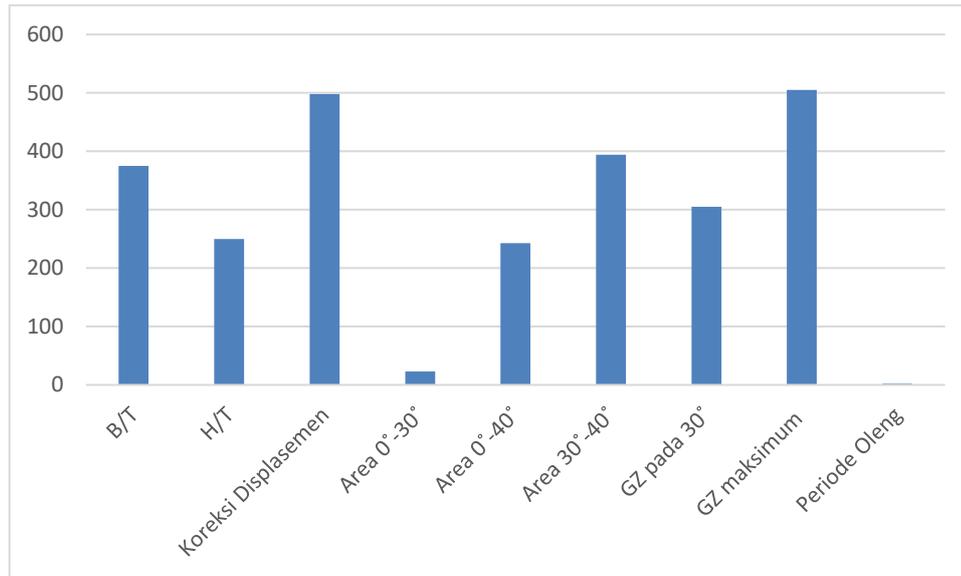
Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 5 didapatkan hasil 625 variasi ukuran utama. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang ( $L_{pp}$ ) : 57.481 m, 59.927 m, 62.373 m, 64.819 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 13.16 m, 13.72 m, 14.28 m, 14.84 m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.696 m, 3.89 m, 4.082 dan 4.279 m; sarat (T) : 2.538 m, 2.646 m, 2.754 m, 2.862 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 375 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 250 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Dan pada batasan nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi

ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 498 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area  $0^{\circ}$ - $30^{\circ}$  sejumlah 23, area  $0^{\circ}$ - $40^{\circ}$  sejumlah 243, area  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  sejumlah 394, GZ pada  $30^{\circ}$  sejumlah 305, GZ maksimal sejumlah 505 dan batasan periode oleng yang tidak memenuhi dengan nilai sebesar 2. Karena terdapat nilai *fail* atau tidak memenuhi batasan optimasi nilai B/T, H/T, koreksi displasemen dan stabilitas adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 8 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 2% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 98% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi. Sehingga didapatkan total yang memenuhi batasan sebesar 10 dan total yang tidak memenuhi sebesar 615 variasi ukuran utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal. Dari hasil ukuran utama yang didapatkan fungsi objektif terkecil adalah *train* ke 17 dengan nilai \$ 8,785,324.19 dan ukuran utama  $L_{pp} = 57.481$  m,  $B = 13.16$  m,  $H = 4.123$  m, dan  $T = 2.646$  m.



**Gambar IV 8** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 5



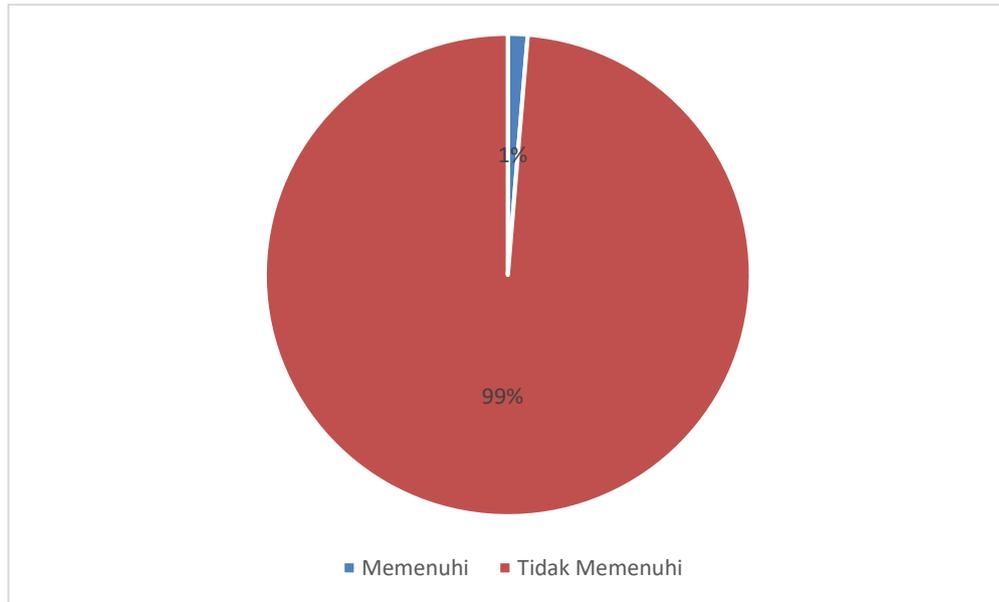
**Gambar IV 9** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 5

#### IV.3.6. Kombinasi 6 Variabel

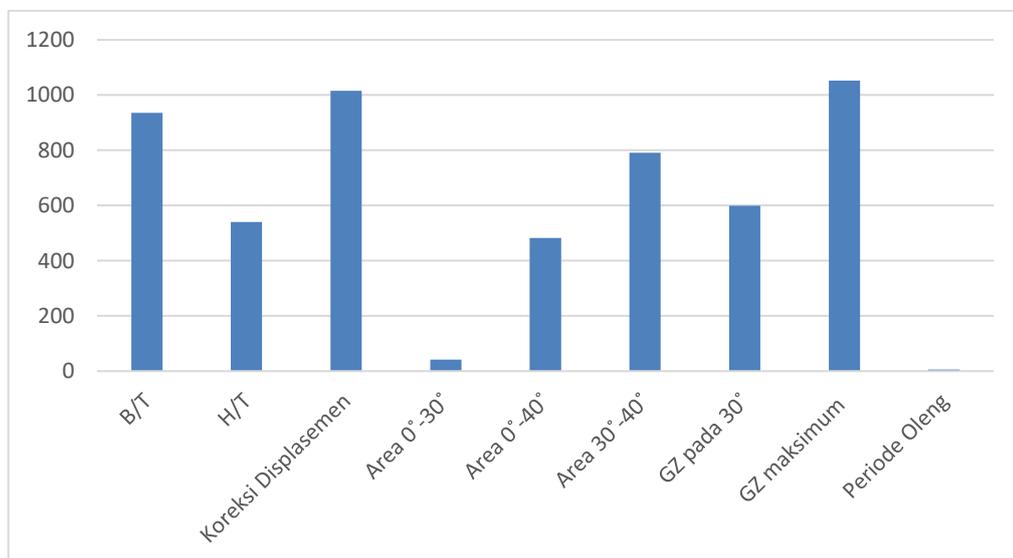
Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 6 didapatkan hasil 1296 variasi ukuran utama. *Running* optimisasi tersebut dilakukan menggunakan laptop pribadi dan waktu yang digunakan adalah 6 jam. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang ( $L_{pp}$ ) : 57.073 m, 59.112 m, 61.15 m, 63.188 m, 65.227 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 13.067 m, 13.533 m, 14 m, 14.467 m, 14.933 m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.631 m, 3.76 m, 3.89 m, 4.02 m, 4.149 m dan 4.279 m ; sarat (T) : 2.52 m, 2.61 m, 2.7 m, 2.79 m, 2.88 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 936 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 540 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 1015 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area 0°-30° sejumlah 42, area 0°-40° sejumlah 482, area 30°-40° sejumlah 791, GZ pada 30° sejumlah 599, GZ maksimal sejumlah 1053 dan batasan periode oleng yang tidak memenuhi dengan nilai sebesar 6. Karena terdapat nilai *fail* atau tidak memenuhi batasan optimasi nilai B/T, H/T, stabilitas dan koreksi displasemen adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 10 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 1% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 99% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi. Sehingga didapatkan total yang

memenuhi batasan sebesar 6 dan total yang tidak memenuhi sebesar 1290 variasi ukuran utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal. Dari hasil ukuran utama yang didapatkan fungsi objektif terkecil adalah *train* ke 33 dengan nilai \$ 8,722,639.95 dan ukuran utama  $L_{pp} = 57.073$  m,  $B = 13.067$  m,  $H = 4.279$  m, dan  $T = 2.7$  m.



**Gambar IV 10** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 6

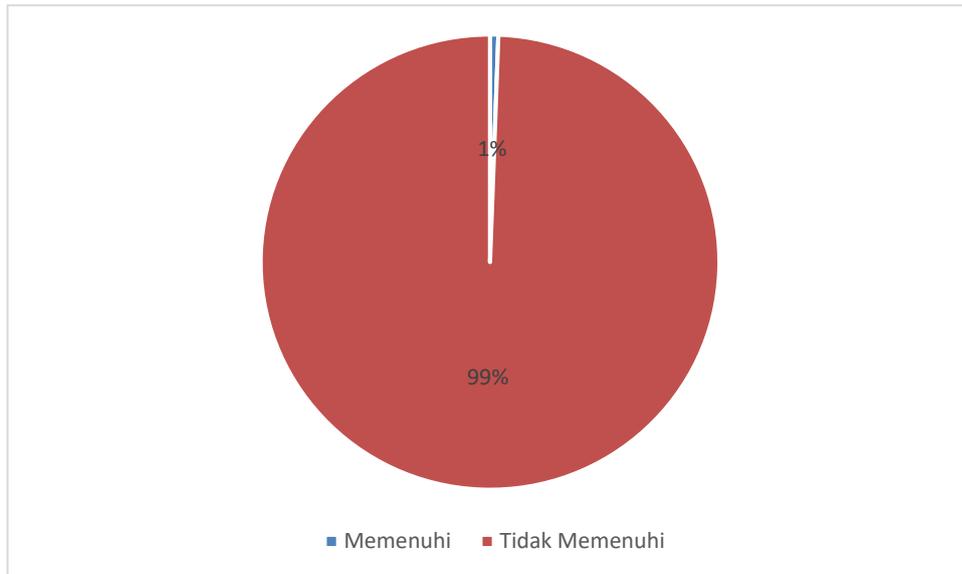


**Gambar IV 11** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 6

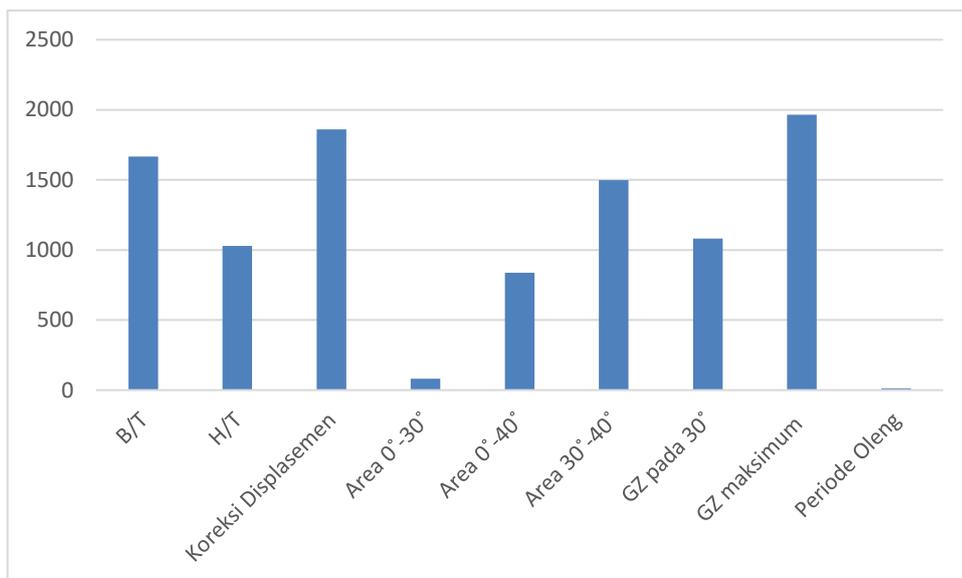
#### IV.3.7. Kombinasi 7 Variabel

Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 7 didapatkan hasil 2401 variasi ukuran utama. *Running* optimisasi tersebut dilakukan menggunakan laptop pribadi dan waktu yang digunakan adalah 11 jam. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang (Lpp) : 56.782 m, 58.529 m, 60.276 m, 62.024 m, 63.771 m, 65.518 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 13 m, 13.4 m, 13.8 m, 14.2 m, 14.6 m, 15 m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.612 m, 3.723 m, 3.834 m, 3.964 m, 4.057 m, 4.168 m dan 4.279 m; sarat (T) : 2.507 m, 2.584 m, 2.661 m, 2.739 m, 2.816 m, 2.893 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 1666 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 1029 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 1859 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area 0°-30° sejumlah 81, area 0°-40° sejumlah 838, area 30°-40° sejumlah 1497, GZ pada 30° sejumlah 1081, GZ maksimal sejumlah 1966 dan batasan periode oleng yang tidak memenuhi dengan nilai sebesar 12. Karena terdapat nilai *fail* atau tidak memenuhi batasan optimasi nilai B/T, H/T, stabilitas dan koreksi displasemen adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 12 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 1% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 99% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi. Sehingga didapatkan total yang memenuhi batasan sebesar 14 dan total yang tidak memenuhi sebesar 2387 variasi ukuran utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal. Dari hasil ukuran utama yang didapatkan fungsi objektif terkecil adalah *train* ke 38 dengan nilai \$ 8,647,651.71 dan ukuran utama Lpp = 56.782 m, B = 13 m, H = 4.168 m, dan T = 2.661 m.



**Gambar IV 12** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 7



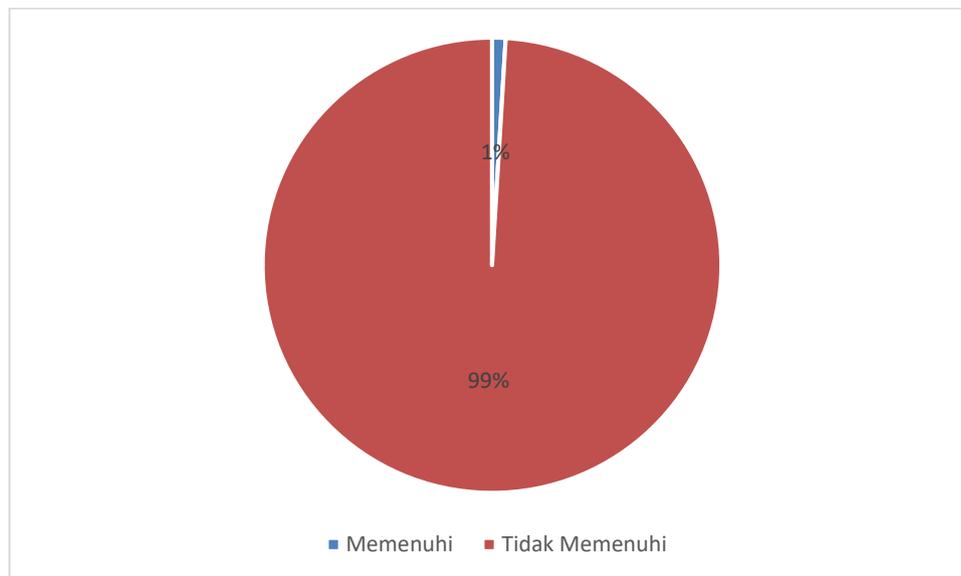
**Gambar IV 13** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 7

#### IV.3.8. Kombinasi 8 Variabel

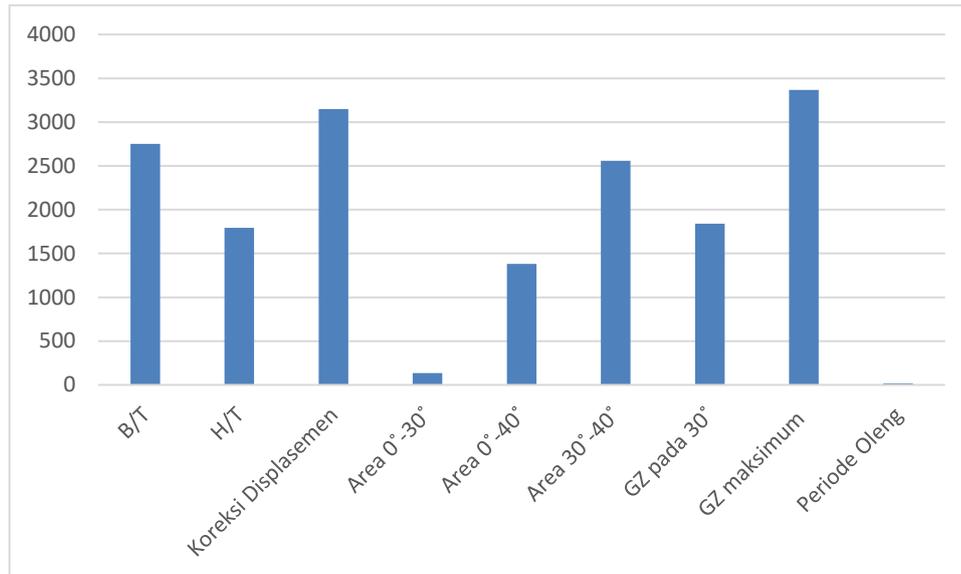
Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 8 didapatkan hasil 4096 variasi ukuran utama. *Running* optimisasi tersebut dilakukan menggunakan laptop pribadi dan waktu yang digunakan adalah 24 jam. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang (Lpp) : 56.564 m, 58.093 m, 59.621 m, 61.15 m, 62.679 m, 64.208 m, 65.736 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 12.95 m, 13.3 m, 13.65 m, 14 m, 14.35 m, 14.7 m, 15.05 m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.598 m, 3.696 m, 3.793m, 3.89 m, 3.987 m, 4.085 m, 4.182 m dan 4.279 m; sarat (T) : 2.498 m, 2.565 m, 2.633 m, 3 m, 2.7 m 2.768 m, 2.835 m dan 2.903 m. Dalam hasil variasi ukuran utama

tersebut terdapat 2752 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 1792 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 3147 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area 0°-30° sejumlah 134, area 0°-40° sejumlah 1383, area 30°-40° sejumlah 2557, GZ pada 30° sejumlah 1841, GZ maksimal sejumlah 3366 dan batasan periode oleng yang tidak memenuhi dengan nilai sebesar 19. Karena terdapat nilai *fail* atau tidak memenuhi batasan optimasi nilai B/T, H/T, stabilitas dan koreksi displasemen adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 14 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 1% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 99% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi. Sehingga didapatkan total yang memenuhi batasan sebesar 39 dan total yang tidak memenuhi sebesar 4057 variasi ukuran utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal. Dari hasil ukuran utama yang didapatkan fungsi objektif terkecil adalah *train* ke 43 dengan nilai \$ 8,591,749.78 dan ukuran utama  $L_{pp} = 56.564$  m,  $B = 12.95$  m,  $H = 4.085$  m, dan  $T = 2.633$  m.



**Gambar IV 14** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 8



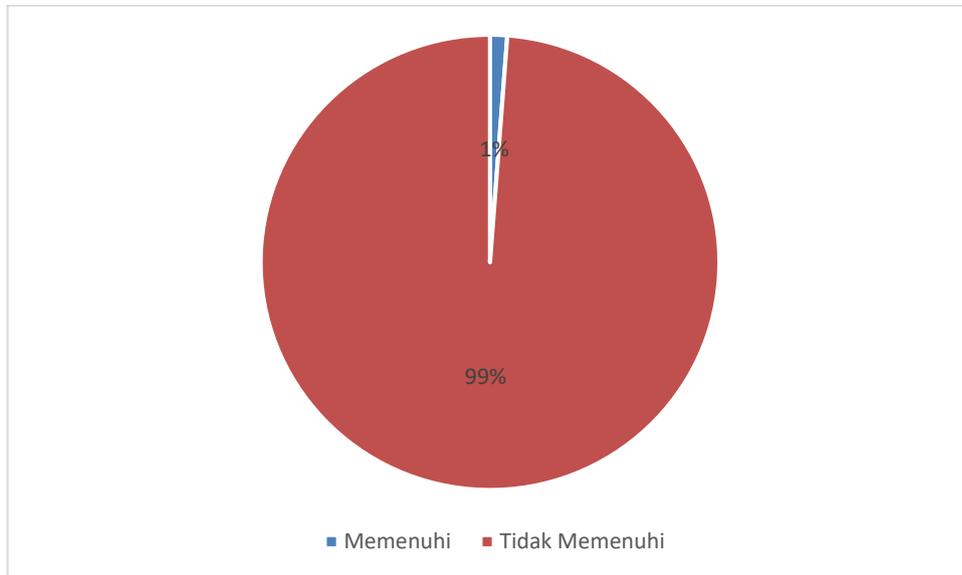
**Gambar IV 15** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 8

#### IV.3.9. Kombinasi 9 Variabel

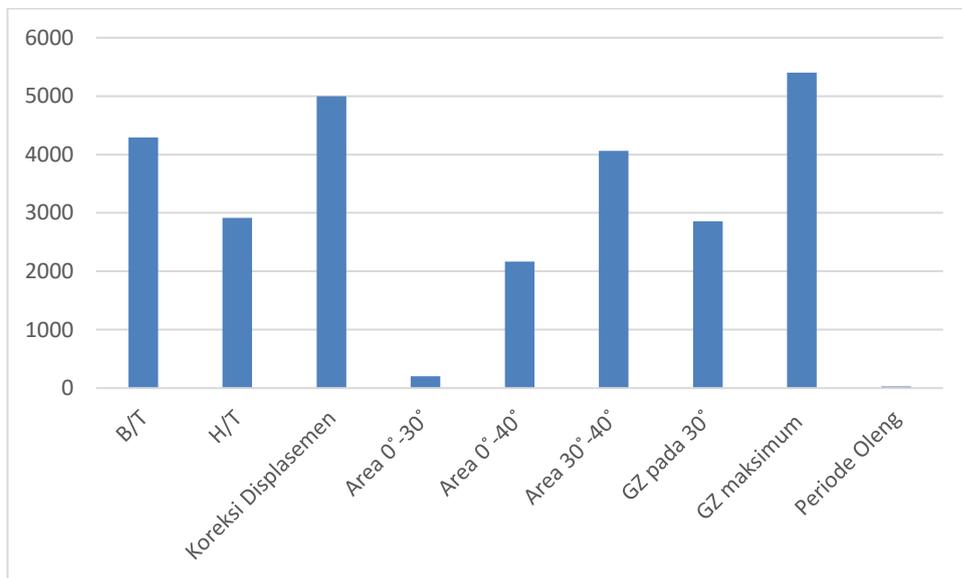
Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 9 didapatkan hasil 6561 variasi ukuran utama. *Running* optimisasi tersebut dilakukan menggunakan pc lab desain dan waktu yang digunakan adalah 1 hari. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang (Lpp) : 56.394 m, 57.753 m, 59.112 m, 60.471 m, 61.829 m, 63.188 m, 64.547 m, 65.906 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 12.911 m, 13.22 m, 13.533 m, 13.844 m, 14.156 m, 14.467 m, 14.778 m, 15.089 m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.587 m, 3.674 m, 3.760 m, 3.847 m, 3.933m, 4.02 m, 4.106 m, 4.193 dan 4.279 m; sarat (T) : 2.49 m, 2.550 m, 2.61 m, 2.67 m, 2.73 m 2.79 m, 2.85 m, 2.91 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 4293 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 2916 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 4999 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area 0°-30° sejumlah 204, area 0°-40° sejumlah 2169, area 30°-40° sejumlah 4064, GZ pada 30° sejumlah 2857, GZ maksimal sejumlah 5403 dan batasan periode oleng yang tidak memenuhi dengan nilai sebesar 30. Karena terdapat nilai *fail* atau tidak memenuhi batasan optimasi nilai B/T, H/T, stabilitas dan koreksi displasemen adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 16 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 1% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 99% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi. Sehingga didapatkan total yang memenuhi batasan sebesar 79 dan total yang tidak memenuhi sebesar 6482 variasi ukuran

utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal. Dari hasil ukuran utama yang didapatkan fungsi objektif terkecil adalah *train* ke 48 dengan nilai \$ 8,547,947.02 dan ukuran utama  $L_{pp} = 56.394$  m,  $B = 12.911$  m,  $H = 4.020$  m, dan  $T = 2.61$  m.



**Gambar IV 16** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 9



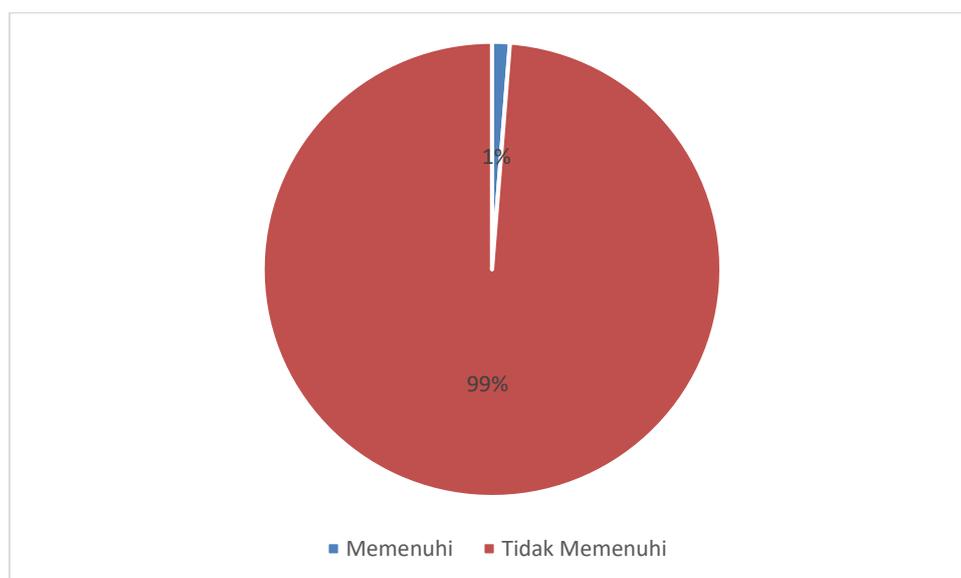
**Gambar IV 17** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 9

#### IV.3.10. Kombinasi 10 Variabel

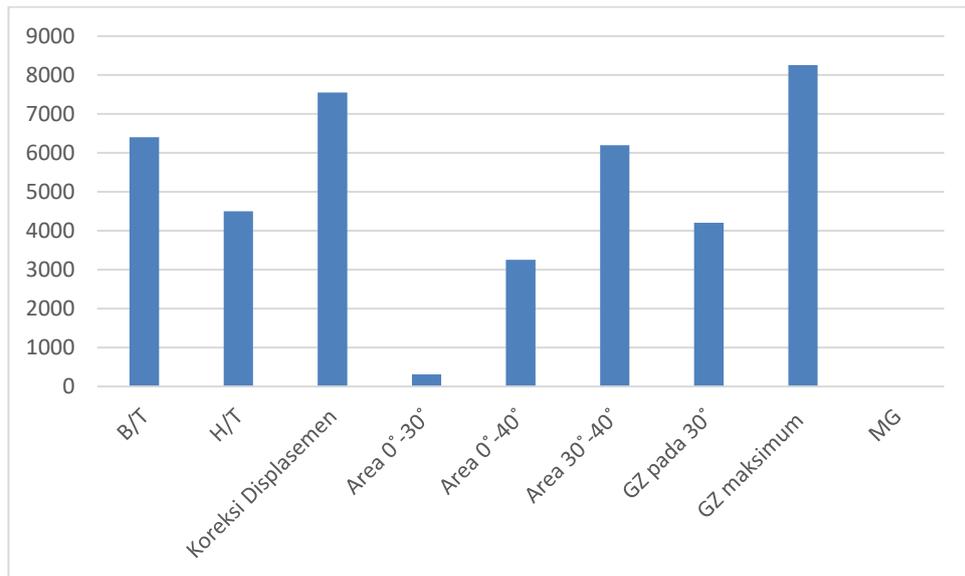
Dari optimisasi yang dilakukan menggunakan nilai *train* 10 didapatkan hasil 10000 variasi ukuran utama. Nilai kombinasi yang muncul antara lain panjang ( $L_{pp}$ ) : 56.258 m, 57.481 m, 58.704 m, 60.471 m, 59.927 m, 61.15 m, 62.373 m, 63.596 m, 64.819 m dan 67.265 m ; lebar (B) : 12.88 m, 13.16 m, 13.44 m, 13.72 m, 14 m, 14.28 m, 14.56 m, 14.84 m, 15.12

m dan 15.4 m ; tinggi (H) : 3.579 m, 3.657 m, 3.734 m, 3.812 m, 3.890 m, 3.968 m, 4.046 m, 4.123 m, 4.201 m dan 4.279 m; sarat (T) : 2.484 m, 2.538 m, 2.592 m, 2.646 m, 2.7 m 2.754 m, 2.806 m, 2.862 m, 2.916 m dan 2.97 m. Dalam hasil variasi ukuran utama tersebut terdapat 6400 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran B/T dan terdapat 4500 variasi yang mempunyai nilai *fail* di batasan ukuran H/T. Nilai koreksi displasemen juga banyak mempengaruhi ukuran utama yang tidak optimum dengan jumlah yang tidak memenuhi sebesar 7550 variasi. Serta pada stabilitas yang tidak memenuhi batasan adalah pada area 0°-30° sejumlah 314, area 0°-40° sejumlah 3258, area 30°-40° sejumlah 6196, GZ pada 30° sejumlah 4208, GZ maksimal sejumlah 8253 dan batasan periode oleng yang tidak memenuhi dengan nilai sebesar 48. Karena terdapat nilai *fail* atau tidak memenuhi batasan optimasi nilai B/T, H/T, stabilitas dan koreksi displasemen adalah nilai yang paling mempengaruhi batasan ukuran utama yang optimum. Selain nilai tersebut adalah nilai aman yang dapat dijadikan batasan karena memiliki nilai yang memenuhi syarat ukuran yang optimum.

Seperti pada Gambar IV 18 diagram *pie* dibawah ini dari total nilai variasi ukuran utama tersebut memiliki perbandingan 1% untuk ukuran utama yang memenuhi batasan optimasi dan 99% ukuran utama yang tidak memenuhi batasan optimasi. Sehingga didapatkan total yang memenuhi batasan sebesar 125 dan total yang tidak memenuhi sebesar 9875 variasi ukuran utama. Selanjutnya akan dipilih nilai fungsi objektif yang paling minimal. Dari hasil ukuran utama yang didapatkan fungsi objektif terkecil adalah *train* ke 63 dengan nilai \$ 8,523,954.64 dan ukuran utama  $L_{pp} = 56.258$  m,  $B = 12.88$  m,  $H = 4.046$  m, dan  $T = 2.592$  m.



**Gambar IV 18** Jumlah Nilai yang Memenuhi dan Tidak Memenuhi Pada Kombinasi 10



**Gambar IV 19** Jumlah Nilai Yang Tidak Memenuhi Batasan Pada Kombinasi 10

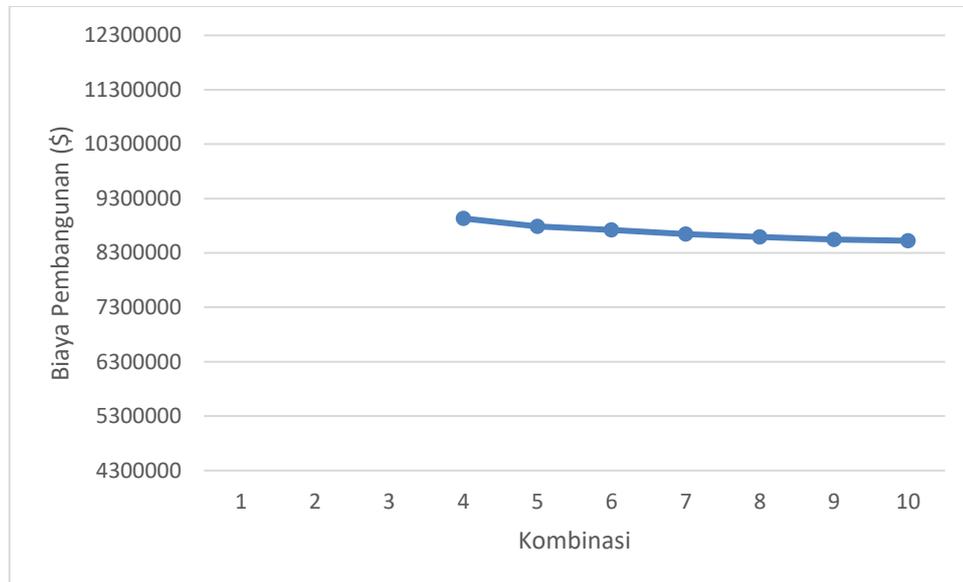
#### IV.3.11. Grafik Fungsi Objektif

Dari Tabel IV 2 dapat disimpulkan bahwa semakin banyak train yang digunakan maka jumlah variasi nilai ukuran utama yang dihasilkan akan semakin banyak dan detail, sehingga didapatkan nilai fungsi objektif yang semakin kecil. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada grafik fungsi objektif sebagai berikut.

**Tabel IV 2** Hasil Yang Memenuhi Batasan Optimisasi

Kombinasi	Lpp	Bmld	Height	Draft	Biaya Pembangunan	Selisih
1	Tidak Memenuhi Batasan Optimisasi					
2	Tidak Memenuhi Batasan Optimisasi					
3	Tidak Memenuhi Batasan Optimisasi					
4	58.093	13.300	4.279	2.700	<b>\$ 8,934,388.72</b>	
5	57.481	13.160	4.123	2.646	<b>\$ 8,785,324.19</b>	1.67%
6	57.073	13.067	4.279	2.700	<b>\$ 8,722,639.95</b>	0.71%
7	56.782	13.000	4.168	2.661	<b>\$ 8,647,651.71</b>	0.86%
8	56.564	12.950	4.085	2.633	<b>\$ 8,591,749.78</b>	0.65%
9	56.394	12.911	4.020	2.610	<b>\$ 8,547,947.02</b>	0.51%
10	56.258	12.880	4.046	2.592	<b>\$ 8,523,954.64</b>	0.28%

Berikut adalah grafik hasil optimisasi ukuran utama dengan sumbu X sebagai *train* dan sumbu Y sebagai fungsi objektif yang terkecil.



**Gambar IV 20** Grafik Fungsi Objektif

Dari grafik Gambar IV 20 diatas dapat disimpulkan bahwa hasil dari optimisasi ukuran utama dengan kombinasi 1 sampai 10 tersebut bersifat konvergen atau dalam KBBI konvergen adalah sifat yang menuju ke satu titik pertemuan. Artinya apabila ukuran utama di optimisasi dengan kombinasi lebih dari 10 akan tetap menghasilkan nilai yang sama. Sehingga ukuran utama yang didapatkan adalah

- Panjang kapal (Lpp) = 56.258 m
- Lebar kapal (B) = 12.880 m
- Tinggi kapal (H) = 4.046 m
- Sarat kapal (T). = 2.592 m
- Fungsi Objektif (Biaya Pembangunan) = \$ 8,523,954.64

#### IV.4. Analisis Teknis

Setelah proses optimisasi dilakukan akan mendapatkan ukuran utama yang optimum. Langkah selanjutnya adalah masuk kedalam proses perhitungan seperti perhitungan hambatan dan daya mesin, perhitungan berat kapal, *freeboard* dan stabilitas yang sesuai ukuran utama yang optimum.

##### IV.4.1. Perhitungan Hambatan dan Daya Mesin

Perhitungan ini digunakan untuk menghitung tahanan ketika kapal bergerak kedepan dengan kecepatan penuh, ada beberapa macam tahanan yang termasuk dalam perhitungan ini antara lain tahanan *viscous*, tahanan tonjolan, tahanan angin dan tahanan gelombang. Metode yang digunakan untuk menghitung tahanan ini adalah metode Holtrop. Selanjutnya dari hasil perhitungan tahanan dikalikan efisiensi dan kecepatan kapal maka dapat diprediksi besar daya mesin induk (Holtrop and Mennen 1982).

Dari ukuran utama optimal hasil dari optimisasi di dapatkan nilai tahanan *viscous* sebesar 14,167.96 N, tahanan gelombang sebesar 837.70 N, dan *correlation allowance* sebesar 3,730.89 N. Sehingga didapatkan tahanan total sebesar 18,736.55 N.

Tabel IV 3 Hambatan dari Ukuran Utama yang Optimum

RESISTANCE			
ITEM	SUB ITEM	UNIT	VALUE
HAMBATAN	VISCOUS RESISTANCE	N	14,167.96
	WAVE-MAKING RESISTANCE	N	837.70
	CORRELATION ALLOWANCE	N	3,730.89
	TOTAL RESISTANCE	N	18,736.55

Setelah diketahui hambatan total maka didapatkan perhitungan komponen propulsi kapal dengan MCR sebesar 1118.55 kW untuk masing masing mesin induk. Dalam pemilihan mesin induk, daya dari mesin yang terdapat pada katalog harus lebih besar dari nilai MCR yang telah direncanakan. Mesin induk dipilih menggunakan merk MAN B&W 6L28/32A. Karena besar MCR adalah 1118.55 kW maka mesin induk dipilih dengan MCR sebesar 1470 kW dengan speed 775 rpm, dengan *bore stroke* 280 x 320 mm dan dimensi mesin ini adalah panjang 5330 mm, lebar 1090 mm, tinggi 3180 mm, dan berat sebesar 19 ton. Untuk lebih detailnya dapat dilihat dalam lampiran.

#### IV.4.2. Perhitungan Berat Kapal

Satu hal komponen penting dalam mendesain kapal adalah perhitungan berat kapal, yang akan berpengaruh langsung pada stabilitas kapal, *performance*, dan biaya. Perhitungan berat kapal dilakukan berdasarkan yang diberikan David G.M Watson dalam bukunya *Practical Ship Design*. Perhitungan dibagi menjadi 2 bagian yaitu LWT dan DWT (Watson 1998)

##### IV.4.2.1 LWT

LWT dapat digolongkan menjadi beberapa bagian, antara lain adalah berat konstruksi, berat peralatan dan perlengkapan, dan berat permesinan. Dari optimisasi yang telah dilakukan didapatkan ukuran utama yang optimal yang memiliki berat struktural kapal sebesar 481.9257 ton dengan berat *machinery* sebesar 140.55 ton dan berat *outfit* dan *ramp door* sebesar 186.15 ton. Sehingga didapatkan berat total LWT sebesar 808.63 ton. Untuk lebih detailnya seperti pada Tabel IV 4 dibawah ini.

Tabel IV 4 Berat Total LWT

Item	Berat	Satuan
Struktur Kapal	481.9257	Ton
Machinery	140.5536	Ton
Outfit dan Ramp Door	186.1508	Ton
Wtot	808.63	Ton

##### IV.4.2.2 DWT

Perhitungan DWT dilakukan untuk satu kali perjalanan. Adapun komponen yang termasuk kedalam *Dead Weight* (DWT) antara lain *payload*, berat *crew*, dan *consumable* (berat bahan bakar, berat minyak pelumas dan berat *provision*). Dari optimisasi yang telah dilakukan didapatkan ukuran utama yang optimal yang memiliki berat LWT sebagai berikut. Perhitungan berat bahan bakar adalah dengan rumus  $SFR \times MCR \times range/speed$  sehingga didapatkan berat bahan bakar sebesar 28.19 ton. Hasil dari perhitungan minyak pelumas sebesar 40 ton, perhitungan berat air tawar adalah menggunakan persamaan  $0.17 \times Person \times Day$  sehingga didapatkan berat sebesar 120.36 ton, perhitungan perlengkapan penumpang adalah menggunakan persamaan  $0.17 \times Person$  sehingga didapatkan berat perlengkapan penumpang sebesar 60.18 ton, perhitungan berat *provision* menggunakan persamaan  $0.01 \times Person \times Day$  sehingga didapatkan berat *provision* sebesar 7.08 ton, perhitungan berat muatan yang terbagi menjadi truk/bis, mobil, sepeda motor dan penumpang dihasilkan berat sebesar 178.55 ton.

Sehingga dihasilkan berat DWT sebesar 434.36 ton. Untuk rekap perhitungan seperti pada Tabel IV 5 sebagai berikut.

Tabel IV 5 Berat Total DWT

Item	Berat	Satuan
Bahan Bakar	10.67	Ton
Minyak Pelumas	40.00	Ton
Air Tawar	120.36	Ton
Perlengkapan Penumpang	60.18	Ton
Provisions	7.08	Ton
Muatan	178.55	Ton
<b>W<sub>tot</sub></b>	<b>416.84</b>	<b>Ton</b>

#### IV.4.3. Perhitungan Freeboard

Perhitungan lambung timbul merupakan salah satu persyaratan keselamatan kapal. Hal ini dikarenakan lambung timbul memiliki fungsi sebagai daya apung cadangan ketika kapal berlayar. Untuk menghitung perhitungan lambung timbul digunakan peraturan ILLC 1966 (IMO 1988) Perhitungan yang dilakukan menggunakan lambung timbul awal pada tabular *freeboard*. Selanjutnya dilakukan koreksi-koreksi seperti koreksi koefisien blok ( $C_b$ ), tinggi kapal ( $D$ ), dan bangunan atas ( $S$ ). Perhitungan lambung timbul dari ukuran utama yang optimal adalah sebagai berikut *freeboard* awal dihitung menggunakan 0.8 Lpp sehingga didapatkan lambung timbul sebesar 450.064 mm, nilai ini sekaligus menjadi nilai ukuran setelah dikoreksi panjang. Setelah itu dilakukan koreksi koefisien blok ( $C_b$ ) yang terdapat tambahan ukuran *freeboard*, dengan rumus  $F_{b_{awal}} * (0.68 + C_b) / 1.36$  sehingga didapatkan *freeboard* dengan koreksi koefisien blok sebesar 482.629 mm. Setelah itu dilakukan koreksi tinggi ( $D$ ) sehingga didapatkan *freeboard* setelah koreksi sebesar 530.050 mm. Setelah itu dilakukan koreksi bangunan atas sehingga didapatkan *freeboard* minimum untuk memenuhi batasan optimisasi sebesar 350.050 mm. Setelah dilakukannya proses optimisasi dihasilkan nilai *freeboard* dari ukuran utama yang optimal sebesar 1454 mm. Karena nilai tersebut lebih besar dari pada nilai *freeboard* koreksi maka nilai *freeboard* yang digunakan adalah 1454 mm.

Tabel IV 6 Batasan Freeboard

Freeboard		
Item	Panjang	Satuan
Freeboard Awal	450.064	mm
Koreksi Panjang	450.064	mm
Koreksi $C_b$	482.629	mm
Koreksi Tinggi ( $D$ )	530.050	mm
Koreksi Bangunan Atas	350.050	mm
<b>Lambung Timbul</b>	<b>350.050</b>	<b>mm</b>

#### IV.4.4. Perhitungan Stabilitas Kapal

Stabilitas merupakan persyaratan utama untuk mengukur keselamatan kapal yang akan berlayar. Stabilitas dapat diartikan sebagai kemampuan kapal untuk kembali ke keadaan semula setelah dikenai oleh gaya luar. Kemampuan tersebut dipengaruhi oleh lengan dinamis (GZ) yang membentuk momen kopel yang menyeimbangkan gaya tekan ke atas dengan gaya berat. Komponen stabilitas terdiri dari GZ, KG dan GM. Dalam perhitungan stabilitas, yang paling penting adalah mencari harga lengan dinamis (GZ). Kemudian setelah harga GZ didapat, maka dilakukan pengecekan dengan *Intact Stability Code*.

#### IV.4.5. Biaya Pembangunan Kapal

Biaya pembangunan kapal dapat diartikan sebagai biaya investasi yang memiliki jenis biaya seperti biaya material untuk struktur bangun kapal (*structural weight cost*), biaya peralatan dan perlengkapan (*hull outfitting cost*), biaya permesinan (*machinery cost*), modal cost, asuransi, perawatan dan pajak pemerintah dll (Watson 1998). Perhitungan estimasi biaya pembangunan tersebut dihitung berdasarkan biaya pada tahun 1993 dan termasuk didalamnya biaya material, tenaga kerja dan *overhead*. Berikut ini adalah hasil perhitungan estimasi biaya pembangunan kapal hasil ukuran yang optimum.

**Tabel IV 7** Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal Hasil Optimasi

Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal			
No	Item	Value	Unit
1	Structural Cost		
	Berat Baja Kapal	481.927	ton
	Cst	3791.005	usd/ton
	Pst	\$ 1,826,986.44	usd
	Total Harga Baja Kapal	Rp 25,223,374,758.43	IDR
2	Equipment dan Outfitting		
	Berat E&O Kapal	186.151	ton
	CE&O	17869.008	usd/ton
	PE&O	\$ 3,326,329.33	usd
	Total Harga E&O	Rp 45,923,302,747.72	IDR
3	Machinery		
	Berat Permesinan Kapal	140.553552	ton
	CME	18467.93532	usd/ton
	PME	\$ 2,595,733.91	usd
	Total Harga Machinery	Rp 35,836,702,316.08	IDR
4	Biaya Non Berat		
	CNW	10%	
	PNW	\$ 774,904.97	usd
	Total Harga Non Weight	Rp 10,698,337,982.22	IDR
<b>Total Biaya Pembangunan Kapal</b>		<b>\$ 8.523.954,64</b>	

Setelah didapatkan ukuran utama optimal dengan fungsi objektif biaya pembangunan terkecil, selanjutnya dilakukan perbandingan antara biaya pembangunan kapal *existing* dengan biaya pembangunan kapal hasil dari optimasi ukuran utama yang optimal. Perhitungan biaya pembangunan kapal *existing* dilakukan dengan analisa teknis dan ekonomis yang sama. Ukuran utama kapal *existing* tersebut memiliki Panjang kapal (Lpp) : 61.15 m ; Lebar kapal (B) : 14 m ; Tinggi kapal (H) : 3.9 m dan Sarat kapal (T) : 2.7 m. Dari ukuran utama awal didapatkan total biaya pembangunan sebesar \$ 9.532.427,67. Dan pada ukuran utama hasil optimasi didapatkan biaya pembangunan sebesar \$ 8.523.954,64. Sehingga perbandingan biaya pembangunan kapal *existing* dan biaya pembangunan hasil ukuran utama hasil optimasi adalah 10.58% dengan selisih biaya pembangunan sebesar \$ 1.008.473,03. Berikut adalah perhitungan biaya pembangunan kapal *existing*.

**Tabel IV 8** Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal *Existing*

No	Item	Value	Unit
1	Structural Cost		
	Berat Baja Kapal	579.835	ton
	Cst	3755.836	usd/ton
	Pst	\$ 2,177,763.44	usd
	Total Harga Baja Kapal	Rp 30,066,202,101.52	IDR
2	Equipment dan Outfitting		
	Berat E&O Kapal	219.025	ton
	CE&O	17771.241	usd/ton
	PE&O	\$ 3,892,345.99	usd
	Total Harga E&O	Rp 53,737,728,686.51	IDR
3	Machinery		
	Berat Permesinan Kapal	140.55	ton
	CME	18467.93532	usd/ton
	PME	\$ 2,595,733.91	usd
	Total Harga Machinery	Rp 35,836,702,316.08	IDR
4	Biaya Non Berat		
	CNW	10%	
	PNW	\$ 866,584.33	usd
	Total Harga Non Weight	Rp 11,964,063,310.41	IDR
<b>Total Biaya Pembangunan Kapal</b>		<b>\$ 9.532.427,67</b>	

#### IV.5. Pembuatan Rencana Garis (*Lines Plan*)

Setelah proses optimisasi dan perhitungan selesai, langkah selanjutnya adalah pembuatan *Lines Plan* atau Rencana Garis. Rencana garis merupakan langkah dalam proses merancang kapal yang berdasarkan pada data yang diperoleh dari perencanaan dengan pandangan badan

kapal yang dipotong secara melintang (*body plan*), secara memanjang (*sheer plan*), dan vertikal memanjang (*half-breadth plan*). Untuk membuat rencana garis ini digunakan *software Maxsurf Modeler* dengan ukuran utama hasil optimisasi paling optimum.

Dari panjang kapal yang sudah dioptimisasi dibagi menjadi 21 station dimana station 0 berada pada *after perpendicular* (AP) dan station 20 berada pada *fore perpendicular* (FP). Untuk *waterlines* (WL) dibuat dengan jumlah 10 dan untuk *buttock lines* (BL) dibuat dengan jumlah 10. Untuk lebih detailnya bisa dilihat pada Lampiran C

#### **IV.6. Pembuatan Rencana Umum (*General Arrangement*)**

Perencanaan suatu ruangan yang dibuat sesuai dengan fungsi dan perlengkapan kapal atau disebut juga dengan *General Arrangement*. Rencana yang dibuat disesuaikan dengan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya, kapasitas yang dibutuhkan, rencana geladak, serta luasan dan volumenya telah disesuaikan dengan ketentuan yang berlaku. Rencana umum difungsikan sebagai dasar untuk membuat detail *drawing*. Adapun hal-hal yang harus diperhatikan dalam pembuatan *General Arrangement* dari kapal ini adalah penataan geladak akomodasi penumpang, geladak awak kapal dan anjungan serta geladak kendaraan yang baik agar memberikan ruang yang optimal untuk *crew*, muatan, penumpang, dan demi kenyamanan saat beroperasi. Berikut adalah gambar rencana umum dari kapal Ro-Ro yang telah dioptimisasi. Untuk lebih detailnya bisa dilihat pada Lampiran C

#### **IV.7. Rencana Keselamatan (*Safety Plan*)**

Kapal *ferry* Ro-RO ini dirancang sebagai kapal pengangkut penumpang dan kendaraan sehingga standar keselamatan tidak hanya sebatas mempertimbangkan ABK kapal tetapi juga seluruh penumpang kapal. Berikut perencanaan kapal yang telah mempertimbangkan banyaknya penumpang beserta ABK dan ruang akomodasi.

##### **IV.7.1. *Life Saving Appliances***

Berdasarkan International Maritime Organization (1988) dalam SOLAS Chapter III, berikut beberapa peralatan keselamatan yang terdapat di kapal.

##### **A. *Lifeboat***

*Lifeboat* yang digunakan adalah *lifeboat* yang dioperasikan menggunakan *davit* (*davit-operated lifeboats*) dimana *lifeboat* tersebut merupakan *partially enclosed lifeboats*. Ukuran dari *lifeboats* yang ber kapasitas maksimal 95 orang. Dengan jumlah penumpang sebanyak 350 orang beserta ABK 14 orang jumlah *lifeboats* yang digunakan adalah 2 kapal di mana

diletakkan pada *poop deck* sebanyak dua kapal pada *port side* dan dua kapal pada *star board side*.

#### **B. *Lifebuoys***

Sesuai dengan ketentuan jumlah *lifebuoy* untuk kapal penumpang menurut SOLAS Reg. III/22-1, jumlah minimal *lifebuoys* adalah 18 yang didistribusikan di kedua sisi kapal dan juga ditempatkan di geladak penumpang.

#### **C. *Lifejackets***

Sesuai dengan ketentuan jumlah dan penempatan *lifejacket* pada kapal penumpang berdasarkan SOLAS Reg. III/7-2, *lifejacket* tersedia untuk setiap orang di atas kapal yaitu sebanyak 354 buah.

#### **D. *Line Throwing Appliances***

Berdasarkan ketentuan peletakan *line throwing appliances* menurut LSA code VII/7.1 maka dipasang 2 (dua) *line throwing appliances* pada setiap sisi kapal pada *forecastle deck*. Dikarenakan kapal tanpa *forecastle* maka peralatan ini diletakkan pada *navigational deck*.

#### **E. *Muster Station***

*Muster station* diletakkan pada ruang terbuka dan dekat dengan posisi *lifeboat* atau *liferaft*. Rencananya *muster station* diletakkan di *navigation deck*.

#### **F. *Escape Route***

Simbol *escape route* dipasang disetiap lorong kapal, tangga-tangga, dan didesain untuk mengarahkan penumpang kapal menuju *muster stasion*.

### **IV.7.2. *Fire Control Equipments***

#### **A. *Control Panel and Fire Detection System***

*Control Panel and Fire Detection System* diletakkan di *navigation room* yang didesain untuk mendeteksi apabila terjadi kebakaran.

#### **B. *Fire Control Safety Plan***

*Fire Control Safety Plan* diletakkan di ruang mesin yang didesain untuk memberi petunjuk kepada awak kapal tentang informasi peletakan peralatan pemadam kebakaran untuk mempermudah proses evakuasi dan tindakan penyelamatan jika terjadi kebakaran.

#### **C. *Fire Alarm Bell***

Diletakkan disetiap geladak kapal.

#### **D. *Fire Hydrant and Hose***

*Fire hoses* didesain terhubung ke *hydrant*. Menurut SOLAS Reg. II/10-2, panjang *fire hoses* adalah 15 m di kamar mesin, 20 m di geladak terbuka.

**E. *Portable CO<sub>2</sub> fire extinguisher***

Digunakan untuk memadamkan kebakaran di area yang terdapat banyak sistem kelistrikan atau mengandung minyak dan bahan bakar lainnya.

**F. *Portable foam fire extinguisher***

Digunakan untuk memadamkan kebakaran di kamar mesin.

**G. *Portable dry powder fire extinguisher***

Digunakan untuk memadamkan kebakaran tipe A,B, dan C, sehingga diletakkan di geladak penumpang dan geladak akomodasi lainnya.

**H. *Sprinkle and Heat Detector***

Kapal ini dilengkapi dengan sistem *sprinkler* dan *heat detector* otomatis pada tiap *deck*.

Halaman ini sengaja dikosongkan



6. Perlu dibuat perhitungan pemodelan optimasi dan biaya pembangunan yang lebih detail agar hasil optimasi lebih akurat.
7. Perlu dilakukan analisis sistem konstruksi dan perhitungan kekuatan dari kapal *ferry* (Ro-Ro) hasil optimasi ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- Andrianto, Robet Dwi, and Djauhar Manfaat. 2013. "Penentuan Ukuran Utama Kapal Optimal Dengan Metode Basis Ship Menggunakan Sistem Komputer." Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Badrul, Mohammad. 2016. "Optimasi Neural Network Dengan Algoritma Genetika Untuk Prediksi Hasil Pemilukada." *Bina Insani* 3 (1): 229–42.
- Bertram, Volker, and H. Schneekluth. 1998. *Ship Design for Efficiency and Economy*. Butterworth-Heinemann.
- Carreyette, J. 1977. "Preliminary Ship Cost Estimation." *The Royal Institution of Naval Architects*.
- Febriyanto. 2011. "Optimisasi Bentuk Bulbous Bow Dengan Menggunakan Koneksi (Link) Antara Maxsurf Dan Microsoft Excel (Studi Kasus : Kapal Tanker 6500 DWT)." Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Gan, Guojun. 2017. *An Introduction to Excel VBA Programming: With Applications in Finance and Insurance*. CRC Press.
- Gaspar, H.M., A. Ross, D. Rhodes, and S. O. Erikstad. 2012. "Handling Complexity Aspects in Conceptual Ship Design." *Int'l Maritime Design Conference Glasgow, UK, June 2012*.
- Hamzah, Bochary Lukman, M. Rusydi Alwi, A Ardianti, and Fitra Lukita Minra. 2013. "Optimasi Konstruksi Geladak Punumpang Kapal Ferry RO-RO 200 GT." *Jurusan Perkapalan Fakultas Teknik Universitas Hasanuddin* 7.
- Hasanudin. 2015. "Desain Kapal LCU TNI-AL Menggunakan Metode Optimisasi." *Kapal* 12 (1): 31–41.
- Holtrop, J., and G. G. Mennen. 1982. "An Approximate Power Prediction Method."
- IMO. 1988. "International Convention On Load Lines, 1966 Protocol of 1988."
- KNKT. 2012. "Investigasi Kecelakaan Kapal Laut. Tenggelamnya KMP. Windu Karsa Di Perairan PulauLambasina, Kolaka Sulawesi Tenggara 27 Agustus 2011." Gedung Perhubungan Lantai3, Kementerian Perhubungan, Jln. Medan Merdeka Timur No. 5, JKT 10110, Indonesia: Kementerian Perhubungan.
- Lamb, Thomas. 2003. *Ship Design and Construction*. Vol. 1 and 2. New Jersey: Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- Larose, Daniel T. 2014. *Discovering Knowledge in Data: An Introduction to Data Mining*. John Wiley & Sons.
- Lewis, Edward V. 1988. "Principles of Naval Architecture Second Revision." *Jersey: SNAME*.
- Manning, George C. 1956. *The Theory and Technique of Ship Design*. The Technology Press of The MIT and John Wiley & Sons, Inc., New York Chapman & Holl, Limited, London.
- Maxsurf, Maxsurf. 2013. *Automation Manual*. Bentley System.

- Muzdalifah, Lily, Deddy Chrismianto, and Eko Sasmito Hadi. 2016. "Analisa Keselamatan Kapal Ferry Ro-Ro Ditinjau Dari Damage Stability Probabilistik." *SI Teknik Perkapalan, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Indonesia* 4.
- Niknafs, Mina. n.d. "Neural Network Optimization."
- Nugroho, Setyo Adi. 2014. "Perancangan Kapal Penyeberangan Ferry Ro-Ro Sebagai Fasilitas Pengangkut Kereta Api Rute Jawasumatera." PhD Thesis, Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Papanikolaou, Apostolos. 2014. *Ship Design: Methodologies of Preliminary Design*. Springer.
- Parsons, Michael G. 2003. *Chapter 11: Parametric Design Dalam Ship Design and Construction*. Vol. 1 and 2. New Jersey: Society of Naval Architects and Marine Engineers.
- PT. R95 Naval Architect. 2015. "Kajian Penerapan Damage Stability Sesuai Rekomendasi Solas Terhadap Kapal-Kapal Penyeberangan Penumpang Roro Lintas Bajo'e - Kolaka." Jakarta Pusat: Kementerian Perhubungan.
- Rao, Singiresu S. 2009. *Engineering Optimization: Theory and Practice*. John Wiley & Sons.
- Shukla, Anupam, Ritu Tiwari, and Rahul Kala. 2010. *Real Life Applications of Soft Computing*. CRC press.
- Watson, David GM. 1998. *Practical Ship Design*. Vol. 1. Elsevier.
- Zumar, Varisha Vada, and Hasanudin Hasanudin. 2018. "Desain Multipurpose Landing Craft Tank (LCT) Menggunakan Metode Optimisasi Global Dan Lokal." *Jurnal Teknik ITS* 7 (1): 99–104.

## **LAMPIRAN**

**LAMPIRAN A**  
**PEMODELAN OPTIMASI DAN PERHITUNGAN TEKNIS**

PEMODELAN OPTIMASI

VARIABLES							
ITEM	SUB ITEM	UNIT	TRAIN	MIN	VALUE	MAX	STATUS
MAIN DIMENSIONS	LPP	m	10	55.035	56.258	67.265	0
	BMLD	m	10	12.600	12.880	15.400	0
	HEIGHT	m	10	3.501	4.046	4.279	0
	DRAFT	m	10	2.430	2.592	2.970	0
<b>VARIABLES STATUS</b>							<b>OK</b>

CONSTRAINTS							
ITEM	SUB ITEM	UNIT		MIN	VALUE	MAX	STATUS
RATIO	B/T			1.800	4.969	5.000	0
MAIN DIMENSIONS	L/B			3.500	4.368	5.310	0
	L/H			10.000	13.905	20.000	0
	H/T			1.441	1.561	3.500	0
		FREEBOARD	CM		35.005	145.400	
	KOREKSI DISPLACEMENT	TON		-0.050	0.038	0.050	0
RASIO STABILITAS	AREA 0°-30°	M.RAD		0.055	0.450		0
	AREA 0°-40°	M.RAD		0.090	0.614		0
	AREA 30°-40°	M.RAD		0.030	0.164		0
	GZ PADA 30°	M		0.200	2.066		0
	GZ MAKSIMUM	DEG		25.000	25.000		0
	MG	M		0.150	3.646		0
	PERIODE OLENG	S		6.000	6.247		0
<b>STATUS CONSTRAINTS</b>							<b>OK</b>

**HYDROSTATICS**

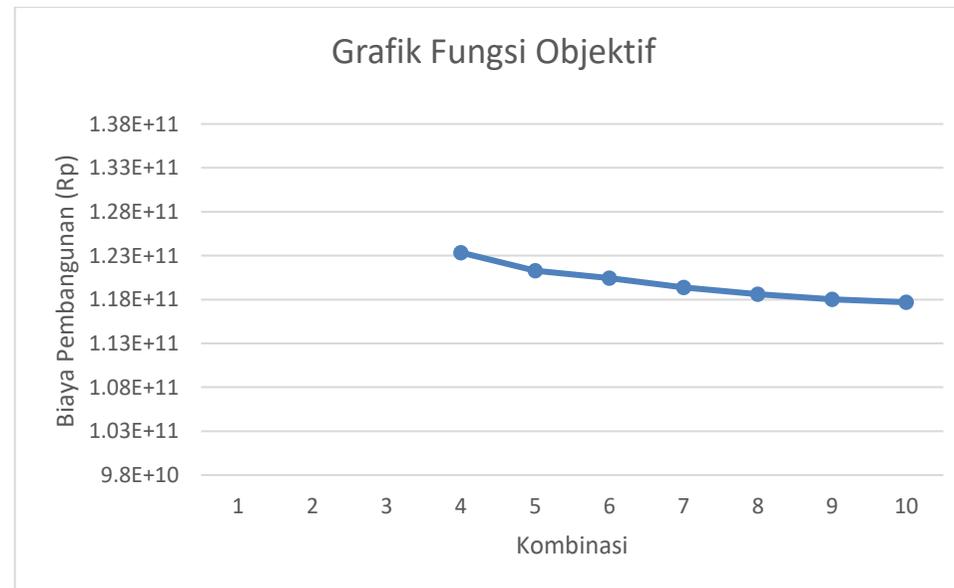
<b>ITEM</b>	<b>VALUE</b>	<b>UNIT</b>
DISPLACEMENT	1180.708	tonne
VOLUME	1151.910	m^3
DRAFT TO BASELINE	2.592	m
IMMERSED DEPTH	2.592	m
LWL	57.064	m
BEAM WL	10.214	m
WSA	766.111	m^2
MAX CROSS SECT AREA	25.770	m^2
WATERPLANE AREA	544.162	m^2
CP	0.783	
CB	0.778	
CM	0.973	
CWP	0.934	
LCB FROM ZERO PT	-28.336	m
LCF FROM ZERO PT	-29.156	m
KB	1.514	m
KG	0.120	m
BMT	3.872	m
BML	113.489	m
GMT	5.166	m
GML	114.783	m
KMT	5.287	m
KML	114.903	m
IMMERSION (TPC)	0.006	tonne/cm
MTC	0.024	tonne.m
RM AT 1 DEG = GMT.DISP.SIN(1)	106.462	tonne.m

RESISTANCE			
ITEM	SUB ITEM	UNIT	VALUE
HAMBATAN	VISCOUS RESISTANCE	N	14,167.96
	WAVE-MAKING RESISTANCE	N	837.70
	CORRELATION ALLOWANCE	N	3,730.89
	TOTAL RESISTANCE	N	18,736.55

PARAMETER			
ITEM	SUB ITEM	UNIT	VALUE
OWNER REQ	RADIUS PELAYAR	KM	145
	KECEPATAN KAPAL	KNOT	7.6
	JUMLAH PENUMPANG+CREW	ORANG	354

OBJECTIVE FUNCTION	
ITEM	VALUE
BIAYA PEMBANGUNAN	Rp 117,681,717,804.46

Kombinasi	Lpp	Bmld	Height	Draft	Biaya Pembangunan	Selisih
1						
2						
3						
4	58.093	13.300	4.279	2.700	<b>Rp 123,348,170,661.05</b>	
5	57.481	13.160	4.123	2.646	<b>Rp 121,290,185,703.66</b>	1.67%
6	57.073	13.067	4.279	2.700	<b>Rp 120,424,767,159.02</b>	0.71%
7	56.782	13.000	4.168	2.661	<b>Rp 119,389,479,545.65</b>	0.86%
8	56.564	12.950	4.085	2.633	<b>Rp 118,617,697,483.84</b>	0.65%
9	56.394	12.911	4.020	2.610	<b>Rp 118,012,956,601.15</b>	0.51%
10	56.258	12.880	4.046	2.592	<b>Rp 117,681,717,804.46</b>	0.28%



## PERHITUNGAN BERAT KAPAL

### PERHITUNGAN BERAT LWT

#### Berat Struktur Kapal

##### Lloyd's Equipment Numeral E

$$E = 1004.53722$$

#### Steel Weight

$$W_S = K \times E^{1.36} \times [1 + 0.5 (C_B' - 0.70)]$$

$$C_B' = C_B + (1 - C_B) \times ((0.8D - T) / 3T)$$

$$C_B' = 0.79677922$$

$$K = 0.038$$

$$W_S = 481.925726 \text{ ton}$$

#### Centre of deckhouse

##### Vertical

$$K_{G_{\text{Layer II}}} = H + 0.5 H_{dh1}$$

$$5.446 \text{ m}$$

$$K_{G_{\text{Layer III}}} = H + H_{dh1} + 0.5 H_{dh2}$$

$$8.246 \text{ m}$$

$$K_{G_{\text{Layer IV}}} = H + H_{dh1} + H_{dh2} + 0.5 H_{dh3}$$

$$11.046 \text{ m}$$

##### Longitudinal

$$LCG_{\text{Layer II}} = (50\% - (25\% - 10\%) / 2) \times L$$

$$= 23.90965 \text{ m}$$

$$LCG_{\text{Layer III}} = 25\%L / 2 + (25\% - 15\%)L$$

$$= 12.65805 \text{ m}$$

$$LCG_{\text{Layer IV}} = 10\%L / 2 + (25\% - 15\%)L$$

$$= 8.4387 \text{ m}$$

#### Centre of basic hull structural weight

##### Vertical

$$K_{G_{\text{hull}}} = 0.01D(46.6 + 0.135(0.81 - C_B)(L/D)^2 + 0.008D(L/B - 65))$$

$$K_{G_{\text{hull}}} = 1.83939784 \text{ m}$$

$$K_G \text{ Struktur} = 2.1371358 \text{ m}$$

##### Longitudinal

$$\%LCG_{\text{hull}} = -0.15 + LCB$$

$$K_{G_{\text{hull}}} = 939.95304 \quad 0.935707525 \quad 1.721138397$$

$$K_{G_{\text{Layer II}}} = 46.862914 \quad 0.046651247 \quad 0.254062691$$

$$K_{G_{\text{Layer III}}} = 11.81418 \quad 0.011760819 \quad 0.09697971$$

$$K_{G_{\text{Layer IV}}} = 5.90709 \quad 0.005880409 \quad 0.064955001$$

$$K_G \text{ Total} = 2.137135798$$

$$LCG_{\text{hull}} = 939.95304 \quad 0.935707525 \quad -26.65444068$$

$$LCG_{\text{Layer II}} = 46.862914 \quad 0.046651247 \quad 1.115414986$$

	=	-28.485868	m				
LCG Struktur =		-25.340534	m	LCG <sub>Layer III</sub> =	11.81418	0.011760819	0.148869029
				LCG <sub>Layer IV</sub> =	5.90709	0.005880409	0.04962301
						LCG Total =	-25.34053366

**Berat Machinery**

Propulsion Unit

Power Engine = 1500 HP  
MCR = 1,118.55 kW  
 $W = 12 \cdot (C41/100)^{0.84}$   
= 91.21 ton

Electrical Unit

$MCR = 3/2 \cdot (1/4 \cdot PE)$  0.72  
= 419.46  
W = 49.34 ton  
W total = 140.55 ton

**Centre of machinery weight**

$KG = h_{DB} + 0.35 (D' - h_{DB})$   
= 2.02 m  
 $LCG = 20\%L/2 + (20\%L + 5\%L)$   
= 19.69 m

**Berat Outfit dan Ramp Door**

Berat outfitting

$W_o = C_o \times L_{PP} \times B$   
= 181.15 ton       $C_o = 0.25$

*Ship Design and Construction, ch. 11 pg. 25*

Center outfitting

$KG = D + 1.25$

$$\begin{aligned}
 &= 5.30 \text{ m} \\
 \text{LCG} &= ((25\% \text{WO} \times \text{LCGM}) + (37.5\% \text{WO} \times \text{LCGdh}) + (37.5\% \text{WO} \times \text{LPP}/2)) / \text{Wo} \\
 &= 24.44 \text{ m}
 \end{aligned}$$

Berat outfitting ramp door

$$\begin{aligned}
 W_{rd} &= 5.00 \text{ ton} \\
 \text{KG} &= 5.55 \text{ m} \\
 \text{LCG} &= 57.26 \text{ m}
 \end{aligned}$$

### PERHITUNGAN BERAT DWT

#### Berat Bahan Bakar

$$W_{FO} = (\text{SFR} \times \text{MCR}) \times (\text{range}/\text{speed}) \times \text{margin}$$

$$W_{FO} = 10.67 \text{ ton}$$

$$\text{SFR} = 0.0004 \text{ t/kW.hr}$$

$$\text{Margin} = 10\%$$

$$\text{KG} = 2.76 \text{ m}$$

$$\text{LCG} = 25\%L + 5\%L/2$$

$$= 15.47 \text{ m}$$

#### Berat Minyak Pelumas

Persamaan 20 ton/engine medium speed diesel

$$W_{LO} = 40$$

$$\text{KG} = 2.76 \text{ m}$$

$$\text{LCG} = 15\%L + 5\%L/2$$

$$9.85 \text{ m}$$

#### Berat Air Tawar

Persamaan 0.17 \*(person.day)

$$W_{FW} = 120.36 \text{ ton}$$

$$\text{KG} = 2.76 \text{ m}$$

$$\text{LCG} = 25\%L + 5\%L/2$$

$$20.82 \text{ m}$$

**Berat Perlengkapan Penumpang**

$$0.17 \text{ *(person)}$$

$$W_{C\&E} = 60.18 \text{ ton}$$

$$KG = \frac{2}{3}D$$

$$= 2.69733333 \text{ m}$$

$$LCG = 50\%L$$

$$= 28.13 \text{ m}$$

**Berat Provision**

$$\text{Persamaan } 0.01 \text{ *(person.day)}$$

$$= 7.08 \text{ ton}$$

$$KG = D+1/2*h$$

$$= 5.446 \text{ m}$$

$$LCG = 25\%L$$

$$= 28.13 \text{ m}$$

**Berat Muatan**

Item	Jumlah	Unit Berat	T.Berat	KG	LCG	T.Berat*KG	T.Berat*LCG
Truck ( 7 m ≤ L ≤ 10 m)	10	10	100	5.713	21.06	571.27	2106.45
Mobil ≤ 5 m	10	5	50	5.046	26.06	252.30	1303.23
Sepeda Motor	20	0.1	2	5.046	23.56	10.09	47.13
Penumpang	354	0.075	26.55	2.200	18.28	58.41	485.44
		Total	178.55			892.07	3942.24

$$W = 178.55 \text{ ton}$$

$$KG = \frac{\text{Total Berat*KG}}{\text{Total Berat}}$$

$$= 4.99618408 \text{ m}$$



<b>Power requirement</b>	
<b>Main engine</b>	
P <sub>engine</sub> =	1118.55 kW
P <sub>engine</sub> =	1500.00 HP

<b>Main engine specifications</b>	
Engine type =	MAN B&W 6L28/32A
MCR =	1470 kW
MCR =	2000 HP
Speed =	775 r/min
Cyl. number =	6
Bore =	280 mm
Stroke =	320 mm
Specific Fuel Oil Consumption	
SFOC =	188 g/kWh
Specific Lube Oil Consumption	
SLOC =	1 g/kWh
Dimensions	
Length =	5330 mm
Width =	1090 mm
Height =	3180 mm
Dry mass =	19 ton

## PERHITUNGAN LAMBUNG TIMBUL

International Convention on Load Lines, 1966, as Amended by the Protocol of 1988

### Lambung timbul Awal (fb)

$$L = 0,96 \text{ LWL pada } 0,85 \text{ D} \quad L = 54.781$$

$$L = L_{pp} \text{ pada } 0,85 \text{ D} \quad L = 56.258$$

maka ukuran yang dipakai  $L = 56.258 \text{ m}$

$$\begin{aligned} fb &= 0,8 L \\ &= 45.0064 \text{ cm} \end{aligned}$$

### Koreksi koefisien Block Cb

$$fb' = 48.26288 \text{ cm}$$

$$Cb < 0,68 \quad fb' = fb$$

$$fb' = 48.26288$$

### Koreksi Tinggi D

$$D = 4.046 \text{ m}$$

$$D' = 3.750533 \text{ m}$$

$$\text{for } D > LPP / 15 \quad D = H$$

$$R = 117.2042$$

$$\text{maka Koreksi D} = 0.474208 \text{ m} \quad 0.117204$$

$$= 4.742081 \text{ cm}$$

### Tinggi standart Bangunan Atas untuk $L < 125 \text{ m}$

$$hs = 1.80 \text{ m}$$

$$h = 4.046$$

$$\text{Panjang Bangunan Atas} = 11.2516 \text{ m}$$

Bila  $h < hs$ , maka

$$ls' = (L_{pp}/hs) \cdot ls$$

Bila  $h > hs$ , maka

$$ls' = ls$$

$$ls' = 11.2516 \text{ m}$$

### Koreksi Bangunan Atas

$$\text{Koreksi} = -18 \text{ cm}$$

### Koreksi Lengkung Memanjang Kapal

$$\text{Tinggi Sheer di } F_p = 0 \text{ m} \quad (S_f)$$

$$\text{Tinggi Sheer di } A_p = 0 \text{ m} \quad (S_a)$$

$$A = 23.36154$$

$$B = 0.125 \quad L = 0$$

Bila :

$$A > 0 \quad \text{Koreksi LMK} = A \text{ cm}$$

$$A > 0 \text{ dan} \quad \text{Koreksi LMK} = B \text{ cm}$$

$$A > 0 \text{ dan} \quad \text{Koreksi LMK} = A \text{ cm}$$

**No Correction  
Needed**

**Rekap Koreksi Lambung Timbul :**

Lambung Timbul Awal setelah koreksi Cb	=	48.26288	cm
Lambung Timbul Awal setelah koreksi D	=	4.742081	cm
Lambung Timbul Awal setelah koreksi BA	=	-18	cm
Lambung Timbul Awal setelah koreksi LMK	=	<u>0</u>	cm
Lambung Timbul	=	35.00496	cm



T mean =	2.5920	m								
(B/L) <sup>1,0681</sup>	0.1592		L <sup>3</sup>	185,81						
(T/L) <sup>0,4611</sup>	0.2404		(L3/D) <sup>0,3649</sup>	3.3871						
(L/Lr) <sup>0,1216</sup>	1.0898		(1-Cp) <sup>-0,6042</sup>	6.3911						
1 + k1 =	1.2931			2.5194						
<b>Calculate wetted surface area</b>										
WSA =	766.1113	m2	WSA calc	730.99						
Cm <sup>0,5</sup>	0.9866			37						
0,4425*Cb	0.3374			-0,003467*B/T	-0.0137					
-0,2862*Cm	-0.2786			0,3696						
WSA =	766.1113	m2		*Cwp	0.3451					
<b>Calculate form factor of appendages</b>										
			Val	Sel	WSA	(1+k2)	Tin	Leb		
			1+k2	1+k2	app	WSAa	ggi	ar		
Rudder of single-screw ship			1,3-				0.0	0.0		
Spade-type rudders of twin-screw ships			1,5	1.3000	0.6533	0.8493	000	000		
Skeg-rudders of twin-screw ships			2.800				0.7	0.4		
Shaft brackets			0	2.8000	0.0000	0.0000	000	667		
Bossings			1,5-							
Bilge keels			2,0	1.5000	0.0000	0.0000				
Stabilizer fins			3.000							
Shafts			0	3.0000	2.0000	6.0000				
Sonar dome			2.000							
			0	2.0000	0.0000	0.0000				
			1.400							
			0	2.0000	0.0000	0.0000				
			2.800							
			0	2.8000	0.0000	0.0000				
			2.000							
			0	2.0000	0.0000	0.0000				
			2.700							
			0	2.7000	0.0000	0.0000				
					2.6533	6.8493				
(1 + k2) <sub>eff</sub>	2.5814									
<b>Calculate effective form factor</b>										
WSA total	768.7646	m2								
1 + k =	1.2975									
<b>Calculate the viscous resistance</b>										
Rv =	14,167.9630	N								
<b>Wave-making resistance</b>										
<i>For low speed-range, Fn &lt;= 0,4</i>										
<b>Calculate C4</b>										
B/L =	0.1790		(B/L) <sup>0,3333</sup> =	0.5636						
	0.1294	0.0000								

C4 =	0.1294	0.1100	for B/L <= 0,11	
C4 =	0.1790	0.2500	for 0,11 <= B/L	
C4 =	0.1508	1.0000	<= 0,25	
match	2.0000		for B/L >= 0,25	
C4 =	0.1790			
<b>Calculate half of angle of entrance</b>				
125,67B/L	22.4932		LCB+6,8(Ta-Tf)/T	98.950
-162,25Cp2	99.5561		0,1551*(LCB+6,8(Ta-Tf)/T	8
234,32Cp3	112.624			#####
	7			#####
	35.5618	deg		
ie =	23.7541	deg		
<b>Calculate C1</b>				
C4^3,7861		0.0015		
(T/B)^1,079				
6		0.2275		
(90-ie)^1,3757				
C1 =	2.3428			
<b>Calculate d</b>				
d =	-0.9000			
<b>Calculate C5</b>				
8,0798Cp	6.3291		C5 = 1.1772	for Cp <= 0,8
-				for Cp >= 0,8
13,8673Cp2	-8.5089		C5 = 1.1765	
6,9844Cp3	3.3570			
C5 =	1.1772			
<b>Calculate m1</b>				
0,01404L/T	0.3091		disp^1/3	10.482
-1,7525(d^1/3)/L	-0.3219			7
-4,7932B/L	-0.8579			
	-0.8708			
m1 =	-2.0479			
<b>Calculate C6</b>				
L3/disp =	161.3089			
	-1.6939	0.0000		
		512.000	for L3/disp <=	
C6 =	-1.6939	0	512	
		1,727.0	for 512 <= L3/disp <=	
C6 =	-2.7771	000	1727	
		10,000.	for L3/disp >=	
C6 =	0.0000	0000	1727	
match	1.0000			
C6 =	-1.6939			

**Calculate m2**

*Froude number* 0.1653  
 $373.426$   
 $Fn^{-3,29}$  5 exp 0.0000  
 $m2 = 0.0000$

$L/B = 5.5870$   $\lambda = 0.9651$  for  $L/B \leq 12$   
 $\lambda = 0.7727$  for  $L/B \geq 12$   
 $\lambda = 0.9651$

**Calculate effective bulb radius rB**

$rB = 0.0000$  m

**Calculate effective submergence of the bulb**

$i = 2.5920$  m

**Calculate C2**

$exp(-1,89)$  0.1511 Abt.rB/BT(rB + i) 0.0000  
 $C2 = 1.0000$

**Calculate C3**

$C3 = 0.9690$

**Calculate Rw**

$Fn^d$  5.0541 35.335  
6

$m1Fn^d$  -10.3505  
0.0000  
-10.3505  
0.0000  
2.2701

$Rw/W = 0.0001$   
 $Rw = 837.7011$  N

**For high speed-range,  $Fn \geq 0,55$**

**Calculate C1**

$Cm^{-1,3346}$  1.0366 displ/L 0.0062  
3

$(displ/L3)^{2,0098}$  0.0000  $(L/B-2)^{1,4069}$  6.0319 6.0  
319

$C1 = 1.5819$

**Calculate m1**

$(B/L)^{0,3269}$  0.5698  $(T/B)^{0,6054}$  0.4360

$m1 = -1.7896$

**Calculate Rw**



## COMPUTATION OF RIGHTING ARM FROM PRINCIPAL DIMENSIONS AND COEFFICIENTS

	1 foot =	0.3048	m
L =	waterline length		
=	184.5735 ft =	56.258	m
B =	maximum breadth		
=	42.25722 ft =	12.88	m
	maximum waterline breadth		
=	42.25722 ft		
H =	mean draft at designed waterline		
=	8.50 ft =	2.592	m
	minimum depth		
=	13.27428 ft =	4.046	m
	sheer forward		
=	0 ft =	0	m
	sheer after		
=	0 ft =	0	m
	displacement at designed waterline		
$\Delta_0$ =	1,162.11 long ton	1180.708	metric ton
	length of superstructure which extend to sides of ship		
=	46.14 ft =	14.06	m
d =	height of superstructure which extend to sides of ship		
=	7.87 ft =	2.40	m
	block coefficient		
$C_b$ =	0.7625		
	waterline coefficient at draft H		
$C_{WP}$ =	0.9337		
	midship section coefficient at draft H		
$C_M$ =	0.9734		
	vertical prismatic coefficient at draft H		
$C_{pv}$ =	0.816686		
	area of waterline plane at designed draft		
$A_0$ =	7282.183 ft <sup>2</sup>		
	area of immersed midship section		
$A_M$ =	349.8051 ft <sup>2</sup>		
	area of vertical centerline plane to depth D		
$A_2$ =	2764.412 ft <sup>2</sup>		
S =	mean sheer		
=	area of centerline plane above minimum depth divided by length		
=	363.3336 ft		
D =	mean depth		
=	15.24278 ft		
F =	mean freeboard		
=	6.738845 ft		
	area of waterline plane at depth D may be estimate from $A_0$ and nature of stations above waterline		
A =	7355.005 ft <sup>2</sup>		

$$\begin{aligned} \nabla T &= \nabla 0 + ((A_0 + A_1)/2 \times F/35) \\ \nabla T &= 2571.225 \text{ ton} \\ CPV' &= 35 \Delta_T / (A_1 \times D) \\ CPV' &= 0.022949 \\ CPV'' &= 35 \Delta_T / (A_2 \times B) \\ CPV'' &= 0.770379 \\ \delta &= (\Delta_T / 2) - \Delta_0 \\ \delta &= 1125.359 \text{ ton} \\ Cx' &= 0.985177 \\ Cw' &= A_2 / (L \times D) \\ &= 0.982583 \\ Cw' &= \frac{Cw' - 140 |\delta| \times (1 - C_{pv}'')}{(L \times B \times D)} \\ &= 0.678287 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \rho_{sw} &= 0.02858964 \\ \Delta T &= 73.5103729 \end{aligned}$$

$$1,125.36$$

$$1125.35875$$

### GG'

$$\begin{aligned} KG &= 3.1548 \text{ m} \\ &= 10.35039 \text{ ft} \\ f1 &= D \times (1 - (A_0/A_1)) / (2F \times (1 - C_{PV}')) \\ &= 0.011461 \\ h1 &= 0.483 \\ KG' &= (D \times (1 - h_1) \times \Delta_T - \delta) / (2\Delta_0) \\ &= 1.337642 \text{ ft} \\ GG' &= KG' - KG \\ &= -9.01275 \text{ ft} \end{aligned}$$

### G'B<sub>0</sub>

$$\begin{aligned} f_0 &= H \times ((A_1/A_0) - 1) / (2F \times (1 - C_{PV})) \\ &= 0.03442 \\ KB_0 &= 1.514384 \text{ m} \\ &= 4.968453 \text{ ft} \\ KG' &= 1.337642 \text{ ft} \\ G'B_0 &= KG' - KB_0 \\ G'B_0 &= -3.63081 \text{ ft} \end{aligned}$$

### G'B<sub>90</sub>

$$\begin{aligned} h2 &= 0.424 \\ f2 &= 0.866113 \\ G'B_{90} &= \frac{((\Delta_T \times h_2 \times B) / (4\Delta_0)) - (|\delta|^2 \times 17.5)}{(\Delta_0 \times (A_2 - 70 \times (|\delta|/B) \times (1 - C_{PV}'')))} \\ G'B_{90} &= 1.747888 \text{ ft} \end{aligned}$$

$$BM_0 = 12.70476 \text{ ft} \quad 3.872412 \text{ m}$$

### GM<sub>0</sub>

$$GM_0 = KB_0 + BM_0 - KG$$

$$GM_0 = 16.33557 \text{ ft}$$

**G'M<sub>90</sub>**

$$C_i' = 0.079$$

$$BM_{90} = ((C_i' \times L \times D^3)/(35\Delta_0)) + ((L_d \times d \times D^2)/(140\Delta_0))$$

$$BM_{90} = 1.788485 \text{ ft}$$

$$G'M_{90} = BM_{90} - G'B_{90}$$

$$= 0.040597 \text{ ft}$$

$$= 11.96319 \text{ ft} \quad \quad \quad 3.646381 \text{ m}$$

$$b_1, b_2, b_3 \quad \quad \quad 30$$

$$b_1 = (9/8) \times (G'B_{90} - G'B_0) - (1/32) \times (G'M_0 - G'M_{90})$$

$$= 5.541818 \text{ ft}$$

$$b_2 = (G'M_0 + G'M_{90}) / 8$$

$$= 2.047021$$

$$b_3 = (3/32) \times (G'M_0 - G'M_{90}) - (3/8) \times (G'B_{90} - G'B_0)$$

$$= -0.48936$$

**Static righting arms**

$$G'Z' = b_1 \sin 2\varphi + b_2 \sin 4\varphi + b_3 \sin 6\varphi$$

$$= 6.572128 \text{ ft}$$

$$GZ = G'Z' + GG' \sin \varphi$$

$$= 6.572128 \text{ ft}$$

f		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
sin	1	f	0.000	0.017	0.035	0.052	0.070	0.087	0.105	0.122	0.139	0.156	0.174
sin	2	f	0.000	0.035	0.070	0.105	0.139	0.174	0.208	0.242	0.276	0.309	0.342
sin	4	f	0.000	0.070	0.139	0.208	0.276	0.342	0.407	0.469	0.530	0.588	0.643
sin	6	f	0.000	0.105	0.208	0.309	0.407	0.500	0.588	0.669	0.743	0.809	0.866
GG' sin	1	f	0.000	-0.157	-0.315	-0.472	-0.629	-0.786	-0.942	-1.098	-1.254	-1.410	-1.565
b1 sin	2	f	0.000	0.193	0.387	0.579	0.771	0.962	1.152	1.341	1.528	1.713	1.895
b2 sin	4	f	0.000	0.143	0.285	0.426	0.564	0.700	0.833	0.961	1.085	1.203	1.316
b3 sin	6	f	0.000	-0.051	-0.102	-0.151	-0.199	-0.245	-0.288	-0.327	-0.364	-0.396	-0.424
GZ			0.000	0.128	0.255	0.382	0.508	0.632	0.755	0.876	0.994	1.110	1.222
heel angle			0.000	1.000	2.000	3.000	4.000	5.000	6.000	7.000	8.000	9.000	10.000
Lstatis[m]			0.000	0.039	0.078	0.116	0.155	0.193	0.230	0.267	0.303	0.338	0.373
			0.000	0.155757	0.078	0.465694	0.155	0.770848	0.230	1.067877	0.303	1.353216	1.490313
					0.001359		0.004062		0.006724		0.009315		0.018306

---

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
0.191	0.208	0.225	0.242	0.259	0.276	0.292	0.309	0.326	0.342	0.358	0.375	0.391	0.407
0.375	0.407	0.438	0.469	0.500	0.530	0.559	0.588	0.616	0.643	0.669	0.695	0.719	0.743
0.695	0.743	0.788	0.829	0.866	0.899	0.927	0.951	0.970	0.985	0.995	0.999	0.999	0.995
0.914	0.951	0.978	0.995	1.000	0.995	0.978	0.951	0.914	0.866	0.809	0.743	0.669	0.588
-1.720	-1.874	-2.027	-2.180	-2.333	-2.484	-2.635	-2.785	-2.934	-3.083	-3.230	-3.376	-3.522	-3.666
2.076	2.254	2.429	2.602	2.771	2.937	3.099	3.257	3.412	3.562	3.708	3.850	3.986	4.118
1.422	1.521	1.613	1.697	1.773	1.840	1.898	1.947	1.986	2.016	2.036	2.046	2.046	2.036
-0.447	-0.465	-0.479	-0.487	-0.489	-0.487	-0.479	-0.465	-0.447	-0.424	-0.396	-0.364	-0.327	-0.288
1.331	1.436	1.536	1.632	1.722	1.806	1.883	1.954	2.017	2.072	2.118	2.156	2.183	2.201
11.000	12.000	13.000	14.000	15.000	16.000	17.000	18.000	19.000	20.000	21.000	22.000	23.000	24.000
0.406	0.438	0.468	0.497	0.525	0.550	0.574	0.595	0.615	0.631	0.646	0.657	0.665	0.671
1.6230	1.75080	1.87312	1.98939	2.09903	2.20143	2.29596		2.45886	2.52593	2.58254		2.66177	2.68312
2	8	5	9	8	5	4	2.38199	4	3	3	2.62804	9	7
	0.02829		0.03265		0.03659		0.04002		0.04285		0.04500		0.04638
	8		7		3		3		8		9		5

---





f			50	55	60	65	70	75	80	85	90
sin	1	f	0.766	0.819	0.866	0.906	0.940	0.966	0.985	0.996	1.000
sin	2	f	0.985	0.940	0.866	0.766	0.643	0.500	0.342	0.174	0.000
sin	4	f	-0.342	-0.643	-0.866	-0.985	-0.985	-0.866	-0.643	-0.342	0.000
sin	6	f	-0.866	-0.500	0.000	0.500	0.866	1.000	0.866	0.500	0.000
GG' sin	1	f	-6.904	-7.383	-7.805	-8.168	-8.469	-8.706	-8.876	-8.978	-9.013
b1 sin	2	f	5.458	5.208	4.799	4.245	3.562	2.771	1.895	0.962	0.000
b2 sin	4	f	-0.700	-1.316	-1.773	-2.016	-2.016	-1.773	-1.316	-0.700	0.000
b3 sin	6	f	0.424	0.245	0.000	-0.245	-0.424	-0.489	-0.424	-0.245	0.000
GZ			-1.723	-3.246	-4.779	-6.184	-7.347	-8.197	-8.720	-8.961	-9.013

ESTIMASI COST			
<i>Practical Ship Design - Watson, 1998</i>			
Kurs Dollar :	13806	IDR	<i>Bank Indonesia</i>
<b>Hasil Regresi Harga Baja Kapal</b>			
$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$			
a:	0		
b:	-1.1E-09		
c:	0.000029799		
d:	-0.389911192		
e:	3972.115334		
<b>Hasil Regresi Harga E&amp;O</b>			
$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$			
a:	0		
b:	-1.095E-07		
c:	0.00048708		
d:	-3.157806792		
e:	18440.66365		
<b>Hasil Regresi Harga Permesinan Kapal</b>			
$Y = a X^4 + b X^3 + c X^2 + d X + e$			
a:	-1E-10		
b:	-2.814E-07		
c:	0.004195972		
d:	-11.60435515		
e:	20016.89636		
<b>Perhitungan Estimasi Biaya Pembangunan Kapal</b>			
No	Item	Value	Unit
1	<b>Structural Cost</b>		
	Berat Baja Kapal	481.927	ton
	Cst	3791.005	usd/ton
	Pst	\$ 1,826,986.44	usd
	Total Harga Baja Kapal	Rp 25,223,374,758.43	IDR
2	<b>Equipment dan Outfitting</b>		
	Berat E&O Kapal	186.151	ton
	CE&O	17869.008	usd/ton
	PE&O	\$ 3,326,329.33	usd
	Total Harga E&O	Rp 45,923,302,747.72	IDR
3	<b>Machinery</b>		
	Berat Permesinan Kapal	140.553552	ton
	CME	18467.93532	usd/ton
	PME	\$ 2,595,733.91	usd
	Total Harga Machinery	Rp 35,836,702,316.08	IDR
4	<b>Biaya Non Berat</b>		
	CNW	10%	
	PNW	\$ 774,904.97	usd
	Total Harga Non Weight	\$ 10,698,337,982.22	IDR
<b>Total Biaya Pembangunan Kapal</b>		<b>Rp</b>	<b>117,681,717,804.46</b>

**LAMPIRAN B**  
**CODING PEMROGAMAN**

```
Dim msApp As New BentleyModeler.Application
```

```
Sub OpenHull()
```

```
Dim FileName As String
```

```
FileName = "D:\TA\Belajar\Belajar\RAFELIA_EDIT.msda"
```

```
msApp.Design.Open FileName, False, False
```

```
End Sub
```

```
Sub SaveFile()
```

```
msApp.Design.SaveAs "D:\TA\Belajar\Belajar\Save Desain\RAFELIA_OUTPUT.msda",  
True
```

```
End Sub
```

```
Sub HullOptimization()
```

```
Dim msDesign As BentleyModeler.Design
```

```
Set msDesign = msApp.Design
```

```
i = msDesign.Surfaces.Count
```

```
' Clear Results
```

```
Range("N7:AK1000000").Select
```

```
Range(Selection, Selection.End(xlDown)).Select
```

```
Selection.ClearContents
```

```
'Result calculations
```

```
For j = 1 To Cells(17, 6)
```

```
For k = 1 To Cells(18, 6)
```

```
For l = 1 To Cells(19, 6)
```

```
For m = 1 To Cells(20, 6)
```

```
Cells(17, 8) = Cells(17, 7) + j * (Cells(17, 9) - Cells(17, 7)) / Cells(17, 6)
```

```
Cells(18, 8) = Cells(18, 7) + k * (Cells(18, 9) - Cells(18, 7)) / Cells(18, 6)
```

```
Cells(19, 8) = Cells(19, 7) + l * (Cells(19, 9) - Cells(19, 7)) / Cells(19, 6)
```

```
Cells(20, 8) = Cells(20, 7) + m * (Cells(20, 9) - Cells(20, 7)) / Cells(20, 6)
```

```
Call DraftNol1
```

```
Call HullScale
```

```
Call DraftActual
```

```
Call CalHidrostatic
```

```
a = Cells(18, 6) * Cells(19, 6) * Cells(20, 6) * j + Cells(19, 6) * Cells(20, 6) * k + Cells(20,  
6) * l + m - Cells(18, 6) * Cells(19, 6) * Cells(20, 6) - Cells(19, 6) * Cells(20, 6) - Cells(20,  
6) + 6
```

```
Cells(a, 14) = Cells(17, 8)
```

```
Cells(a, 15) = Cells(18, 8)
```

Cells(a, 16) = Cells(19, 8)  
Cells(a, 17) = Cells(20, 8)  
Cells(a, 18) = Cells(17, 12)  
Cells(a, 19) = Cells(18, 12)  
Cells(a, 20) = Cells(19, 12)  
Cells(a, 21) = Cells(20, 12)  
Cells(a, 22) = Cells(21, 10)

Cells(a, 23) = Cells(27, 12)  
Cells(a, 24) = Cells(28, 12)  
Cells(a, 25) = Cells(29, 12)  
Cells(a, 26) = Cells(30, 12)  
Cells(a, 27) = Cells(31, 12)  
Cells(a, 28) = Cells(32, 12)  
Cells(a, 29) = Cells(33, 12)  
Cells(a, 30) = Cells(34, 12)  
Cells(a, 31) = Cells(35, 12)  
Cells(a, 32) = Cells(36, 12)  
Cells(a, 33) = Cells(37, 12)  
Cells(a, 34) = Cells(38, 12)  
Cells(a, 35) = Cells(39, 12)  
Cells(a, 36) = Cells(40, 10)  
Cells(a, 37) = Cells(81, 6)

Next m  
Next l  
Next k  
Next j

End Sub

Sub HullScale()

Dim msDesign As BentleyModeler.Design  
Set msDesign = msApp.Design  
Dim sList As New BentleyModeler.SurfaceList

Dim NewLength As Double  
Dim NewBreadth As Double  
Dim NewHeight As Double

Dim OldLength As Double  
Dim OldBreadth As Double

Dim OldHeight As Double

NewLength = Range("K17") \* 1.147

NewBreadth = Range("K18")

NewHeight = Range("K19") \* 1.985

'Find Old Length and Breadth

'Use control Point Locations

Dim CP\_Position() As Double

Dim CP\_Offset() As Double

Dim CP\_Height() As Double

Dim NumRows As Long

Dim NumCols As Long

sList.Add msDesign.Surfaces

n = 1

m = 1

For i = 1 To sList.Count

    sList(i).ControlPointLimits NumRows, NumCols

    n = n + NumRows \* NumCols

    ReDim Preserve CP\_Position(n) As Double

    ReDim Preserve CP\_Offset(n) As Double

    ReDim Preserve CP\_Height(n) As Double

    For j = 1 To NumRows

        For k = 1 To NumCols

            sList(i).GetControlPoint j, k, CP\_Position(m), CP\_Offset(m), CP\_Height(m)

            m = m + 1

        Next

    Next

Next

OldLength = WorksheetFunction.Max(CP\_Position) -

WorksheetFunction.Min(CP\_Position)

OldBreadth = 2 \* WorksheetFunction.Max(CP\_Offset)

OldHeight = WorksheetFunction.Max(CP\_Height) - WorksheetFunction.Min(CP\_Height)

'MsgBox OldLength & ", " & OldBreadth

For m = 1 To n

    CP\_Position(m) = CP\_Position(m) \* NewLength / OldLength

    CP\_Offset(m) = CP\_Offset(m) \* NewBreadth / OldBreadth

    CP\_Height(m) = CP\_Height(m) \* NewHeight / OldHeight

Next

m = 1

```

For i = 1 To sList.Count
    sList(i).ControlPointLimits NumRows, NumCols
    For j = 1 To NumRows
        For k = 1 To NumCols
            sList(i).SetControlPoint j, k, CP_Position(m), CP_Offset(m), CP_Height(m)
            'Range("F" & 11 + m) = CP_Position(m)
            'Range("G" & 11 + m) = CP_Offset(m)
            'Range("H" & 11 + m) = CP_Height(m)
            m = m + 1
        Next
    Next
Next
msApp.Refresh

End Sub

```

```

Sub DraftNo1()
Dim sList As New BentleyModeler.SurfaceList

    msApp.Design.Hydrostatics.Calculate 1.025, 0
    Cells(83, 5) = msApp.Design.Hydrostatics.ImmersedDepth

    sList.Add msApp.Design.Surfaces
    For i = 1 To sList.Count
        sList(i).Move 0, 0, Cells(83, 5)
    Next
msApp.Refresh
End Sub

```

```

Sub DraftActual()
Dim sList As New BentleyModeler.SurfaceList

    sList.Add msApp.Design.Surfaces
    For i = 1 To sList.Count
        sList(i).Move 0, 0, -Cells(20, 8)
    Next
msApp.Refresh
End Sub

```

```

Sub DraftNo12()
Dim sList As New BentleyModeler.SurfaceList
    sList.Add msApp.Design.Surfaces
    For i = 1 To sList.Count
        sList(i).Move 0, 0, Cells(20, 8)
    Next

End Sub

```

Sub CalHidrostatic()

msApp.Design.Hydrostatics.Calculate 1.025, 0

Cells(46, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.Displacement

Cells(47, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.Volume

Cells(48, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.Draft

Cells(49, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.ImmersedDepth

Cells(50, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.LWL

Cells(51, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.BeamWL

Cells(52, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.WSA

Cells(53, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.MaxCrossSectArea

Cells(54, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.WaterplaneArea

Cells(55, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.Cp

Cells(56, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.Cb

Cells(57, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.Cm

Cells(58, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.Cwp

Cells(59, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.LCB

Cells(60, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.LCF

Cells(61, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.KB

Cells(62, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.KG

Cells(63, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.BMt

Cells(64, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.BMI

Cells(65, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.GMt

Cells(66, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.GMI

Cells(67, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.KMt

Cells(68, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.KMI

Cells(69, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.TPC

Cells(70, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.MTc

Cells(71, 4) = msApp.Design.Hydrostatics.RM

End Sub

**LAMPIRAN C**  
**GAMBAR *LINES PLAN*, *GENERAL ARRANGEMENT*, *SAFETY***  
***PLAN* DAN MODEL 3D**

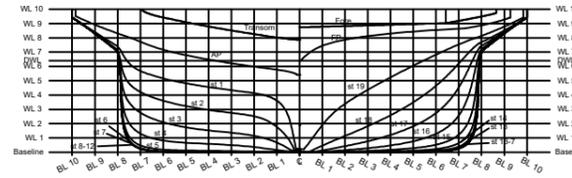
**TABLE OF HALF BREADTH (m)**

Station	Buttock Line										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Transom											
AP	2.193	2.338	2.423	2.517	2.624	2.748	2.902	3.129	3.362	3.609	
ST 1	0.098	1.462	1.673	1.757	1.845	1.952	2.09	2.304	2.991	3.4	3.807
ST 2	0.068	0.718	1.018	1.114	1.199	1.308	1.459	1.705	2.873	3.372	3.807
ST 3	0.043	0.275	0.466	0.555	0.619	0.706	0.851	1.12	2.83	3.363	3.807
ST 4	0.022	0.065	0.147	0.204	0.238	0.269	0.333	0.529	2.819	3.361	3.807
ST 5	0.007	0.01	0.021	0.033	0.041	0.05	0.074	0.194	2.817	3.361	3.807
ST 6	0	0	0.001	0.001	0.001	0.003	0.019	0.116	2.816	3.361	3.807
ST 7	0	0	0	0	0	0.002	0.014	0.103	2.816	3.361	3.807
ST 8	0	0	0	0	0	0.002	0.014	0.102	2.816	3.361	3.807
ST 9	0	0	0	0	0	0.002	0.014	0.102	2.816	3.361	3.807
ST 10	0	0	0	0	0	0.002	0.014	0.103	2.816	3.361	3.807
ST 11	0	0	0	0	0.001	0.003	0.016	0.106	2.816	3.361	3.807
ST 12	0	0	0	0.001	0.002	0.007	0.024	0.12	2.816	3.361	3.807
ST 13	0	0	0.002	0.004	0.008	0.018	0.044	0.16	2.818	3.361	3.807
ST 14	0	0.001	0.006	0.014	0.025	0.046	0.092	0.259	2.824	3.362	3.807
ST 15	0	0.004	0.02	0.04	0.069	0.117	0.214	0.499	2.851	3.366	3.807
ST 16	0	0.014	0.06	0.115	0.192	0.312	0.524	1.04	2.916	3.38	3.807
ST 17	0	0.053	0.174	0.312	0.49	0.735	1.112	1.833	3.011	3.406	3.807
ST 18	0.004	0.186	0.463	0.739	1.047	1.413	1.882	2.512	3.113	3.447	
ST 19	0.087	0.769	1.372	1.766	2.118	2.45	2.763	3.053	3.292	3.556	
FP	2.592	3.013	3.184	3.287	3.359	3.414	3.459	3.497	3.591	3.753	

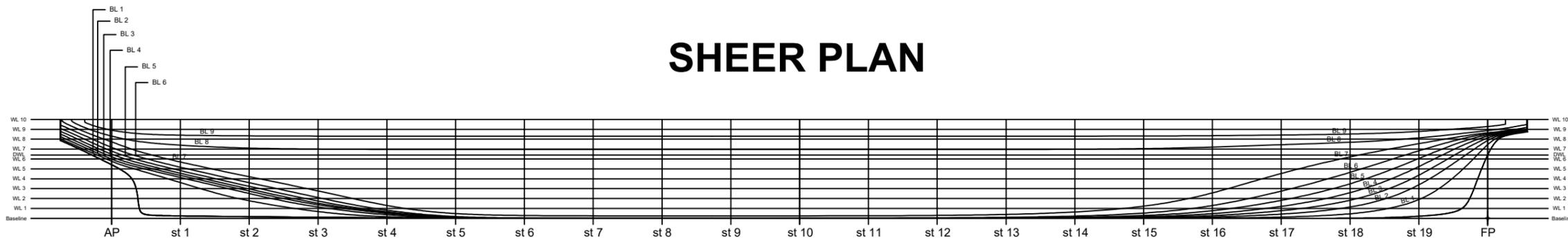
**TABLE OF HEIGHT ABOVE BASELINE (m)**

Station	Waterline									
	1	2	3	4	5	6 DWL	7	8	9	10
Transom										
AP						1.321	2.39	3.594	4.791	5.876
ST 1	0.165	0.252	0.411	1.013	3.576	4.721	4.892	5.039	5.537	6.174
ST 2	0.337	0.769	2.673	4.327	4.886	5.039	5.070	5.133	5.608	6.183
ST 3	1.021	3.712	4.641	4.943	5.038	5.078	5.097	5.153	5.629	6.184
ST 4	4.198	4.819	4.979	5.037	5.064	5.088	5.104	5.157	5.632	6.185
ST 5	4.795	4.968	5.027	5.053	5.069	5.091	5.106	5.158	5.633	6.185
ST 6	4.862	4.991	5.036	5.057	5.071	5.091	5.107	5.158	5.633	6.185
ST 7	4.878	4.998	5.04	5.058	5.071	5.091	5.107	5.158	5.633	6.185
ST 8	4.88	4.999	5.04	5.058	5.071	5.091	5.107	5.158	5.633	6.185
ST 9	4.88	4.999	5.04	5.058	5.071	5.091	5.107	5.158	5.633	6.185
ST 10	4.88	4.999	5.04	5.058	5.071	5.091	5.107	5.158	5.633	6.185
ST 11	4.877	4.998	5.04	5.058	5.071	5.091	5.107	5.158	5.633	6.185
ST 12	4.866	4.994	5.038	5.057	5.071	5.091	5.107	5.158	5.633	6.185
ST 13	4.825	4.977	5.03	5.054	5.069	5.09	5.106	5.158	5.632	6.185
ST 14	4.703	4.92	4.999	5.036	5.06	5.085	5.103	5.155	5.631	6.185
ST 15	4.376	4.754	4.9	4.975	5.022	5.064	5.087	5.144	5.622	6.183
ST 16	3.556	4.303	4.617	4.788	4.901	4.993	5.032	5.107	5.591	6.179
ST 17	2.29	3.374	3.989	4.363	4.617	4.816	4.892	5.012	5.523	6.169
ST 18	1.149	2.086	2.885	3.525	4.025	4.43	4.581	4.802	5.399	6.142
ST 19	0.368	0.677	1.078	1.677	2.397	3.176	3.508	4.012	4.995	5.983
FP								0.303	1.591	5.384

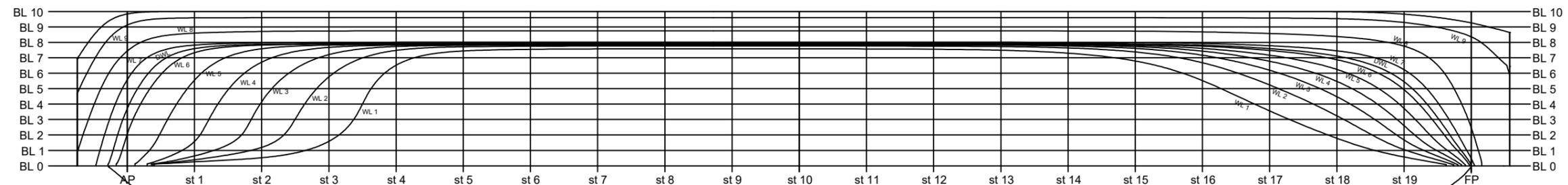
# BODY PLAN



# SHEER PLAN



# HALF BREADTH PLAN



**PRINCIPLE DIMENSIONS**

SHIP TYPE	FERRY RORO
LENGTH OVER ALL (Loa)	59.95 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (Lpp)	56.258 m
BREADTH (B)	12.88 m
HEIGHT (H)	4.046 m
DRAUGHT (T)	2.592 m
SERVICE SPEED (Vs)	7.6 Knots

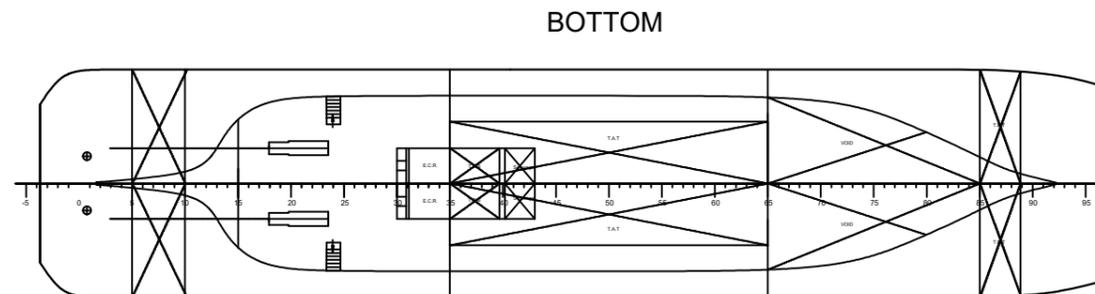
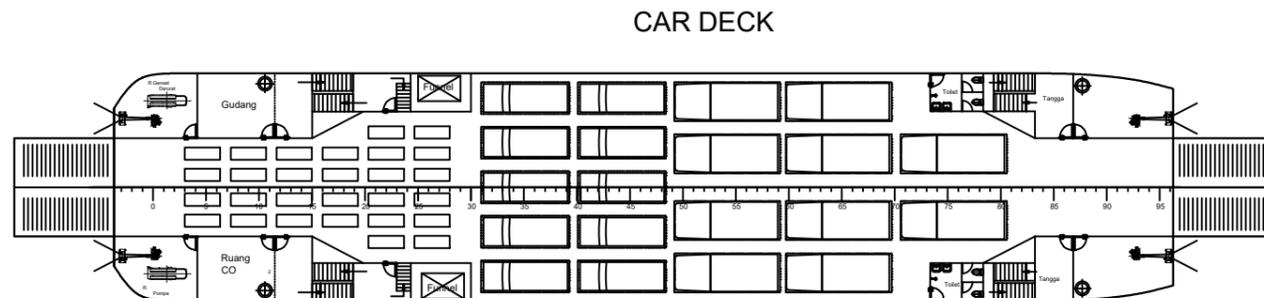
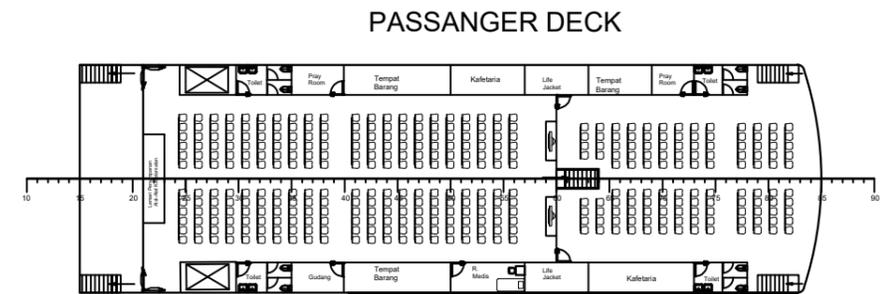
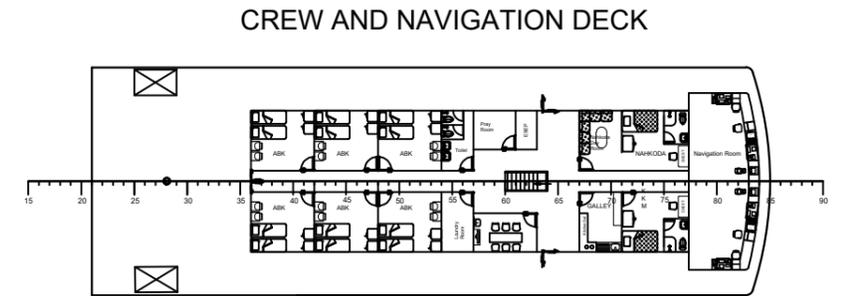
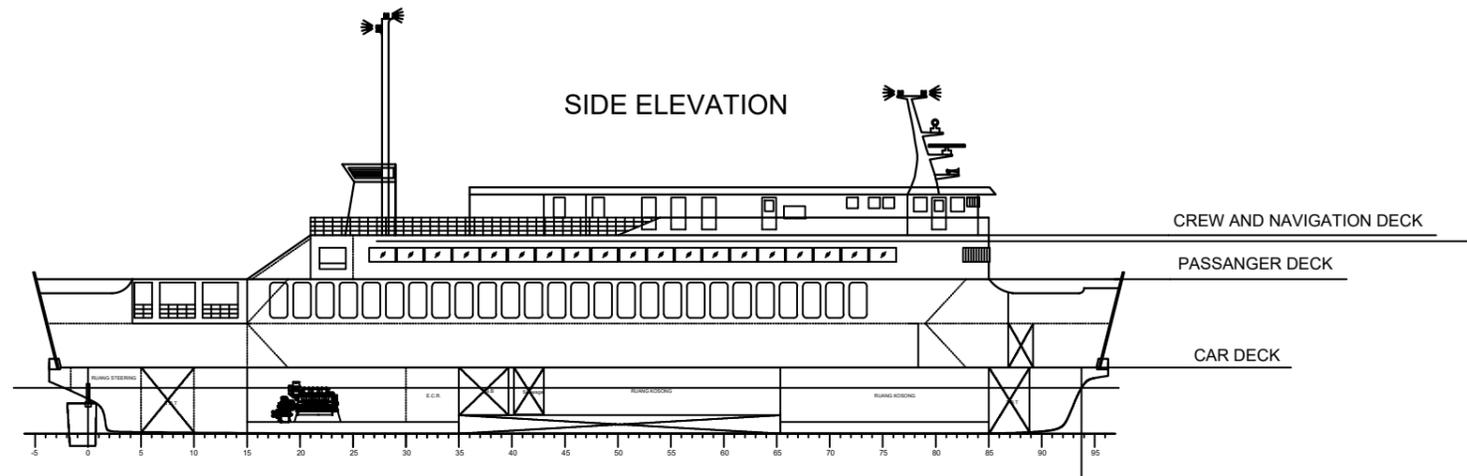


**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE**  
**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**

**KMP. Trifecta**

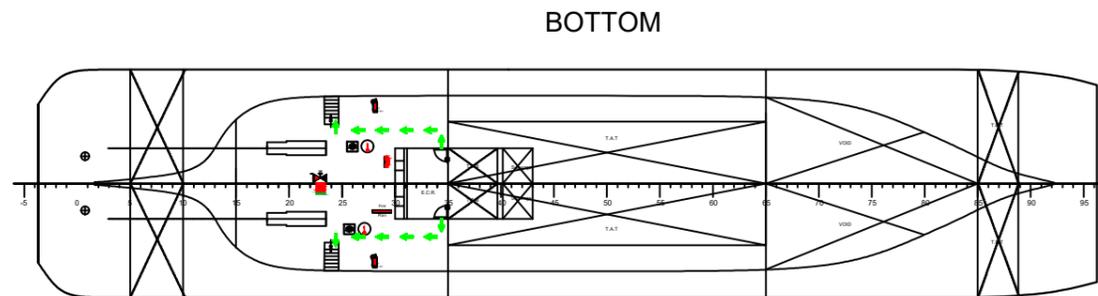
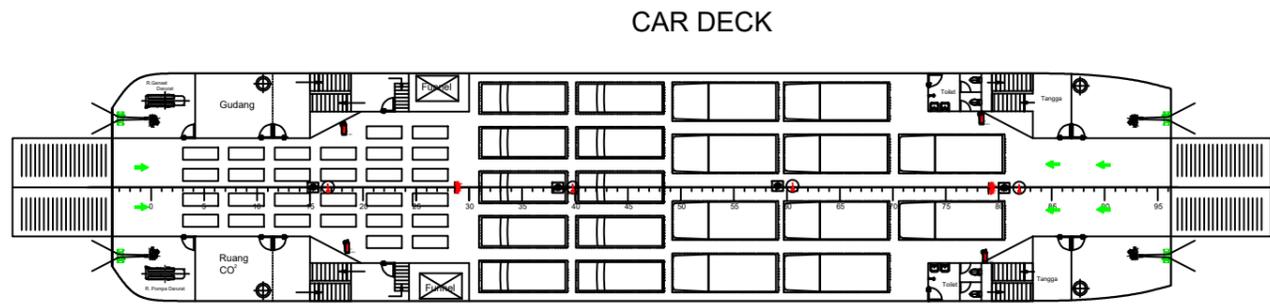
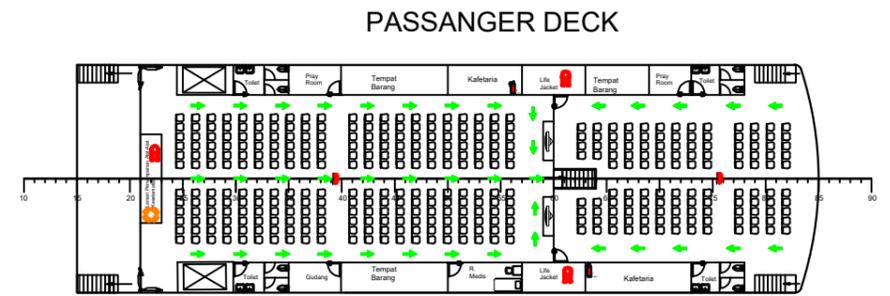
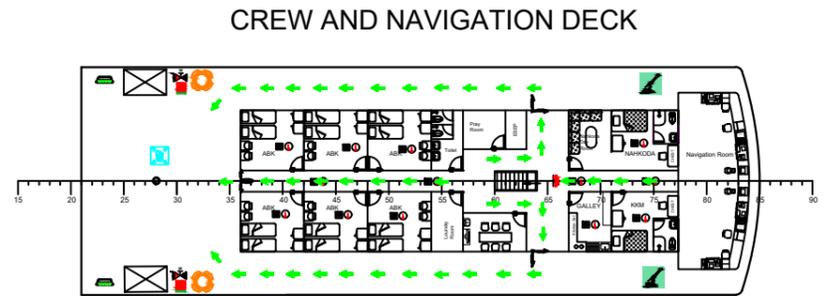
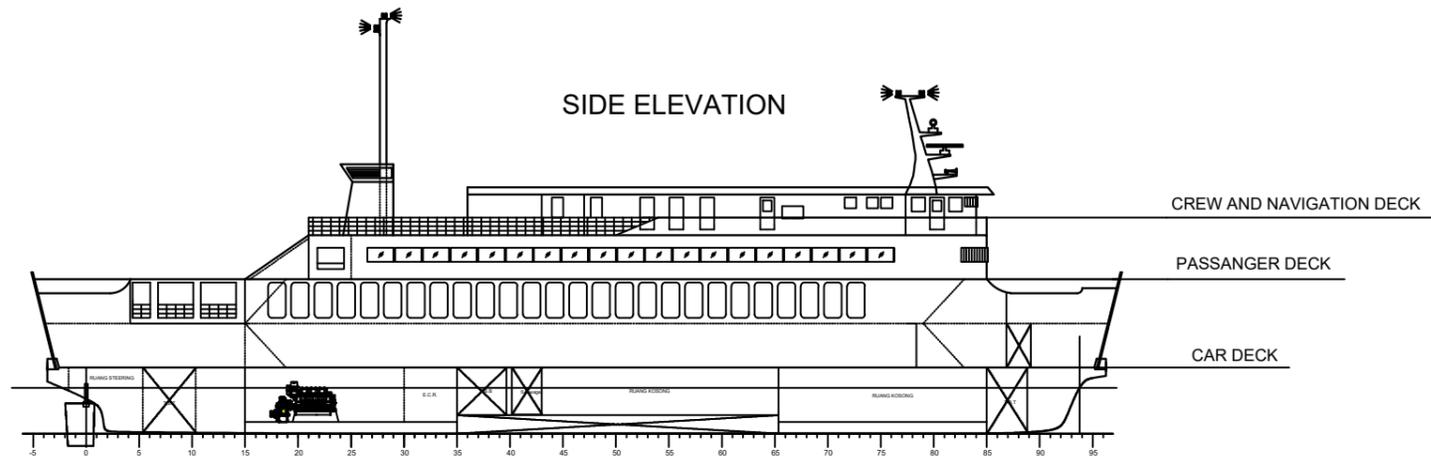
**LINES PLAN**

SCALE	SIGN	DATE	REMARK
: 1 : 100			
DRAWN BY	RAHARDIAN AHMAD FAUZI		4114100048
APPROVED BY	HASANUDIN, S.T., M.T.		



PRINCIPLE DIMENSIONS	
SHIP TYPE	FERRY RORO
LENGTH OVER ALL (Loa)	59.95 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (Lpp)	56.258 m
BREADTH (B)	12.88 m
HEIGHT (H)	3.734 m
DRAUGHT (T)	2.592 m
SERVICE SPEED (Vs)	7.6 Knots

 <b>DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE</b> <b>FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY</b> <b>SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY</b>			
<b>KMP. Trifecta</b>			
<b>RENCANA UMUM</b>			
SCALE	: 1 : 200	SIGN	DATE
DRAWN BY	: RAHARDIAN AHMAD FAUZI		4114100048
APPROVED BY	: HASANUDIN, S.T., M.T.		



**SAFETY PLAN EQUIPMENTS**

SYMBOL	DESCRIPTION	LOCATION
	MUSTER STATION	- Navigation Deck (front)
	LIFEBUOY	- Navigation Deck (2) - Passanger Deck (2) - Side Ship
	LIFEBOAT	- Navigation Deck (2)
	SURVIVAL CRAFT PORTABLE RADIO	- Navigation Room
	ROCKET PARACHUTE FLARE	- Navigation Room
	LIFEJACKET LIGHTS	- Passanger Deck
	LINE THROWING APPLIANCE	- Main Deck
	RADAR TRANSPONDER	- Navigation Room
	VHF RADIO - TELEPHONE	- Navigation Room

**FIRE PLAN EQUIPMENTS**

SYMBOL	DESCRIPTION	LOCATION
	CONTROL PANEL FOR FIRE DETECTION AND ALARM SYSTEM	- Navigation Room
	FIRE CONTROL SAFETY PLAN	- Bottom
	FIRE ALARM BELL	- Navigation Deck - Passanger Deck - Car Deck - Bottom
	PORTABLE FIRE EXTINGUISHER (CO2)	- Navigation Deck - Passanger Deck - Car Deck - Bottom
	FIRE HYDRANT AND HOSE	- Navigation Deck - Car Deck - Bottom
	HEAT DETECTOR AND SPRINKLER	- Navigation Deck - Passanger Deck - Car Deck - Bottom

**PRINCIPLE DIMENSIONS**

SHIP TYPE	FERRY RORO
LENGTH OVER ALL (Loa)	59.95 m
LENGTH BETWEEN PERPENDICULARS (Lpp)	56.258 m
BREADTH (B)	12.88 m
HEIGHT (H)	3.734 m
DRAUGHT (T)	2.592 m
SERVICE SPEED (Vs)	7.6 Knots

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

**KMP. Trifecta**

**SAFETY PLAN**

SCALE	SIGN	DATE	REMARK
: 1 : 200			
DRAWN BY : RAHARDIAN AHMAD FAUZI			4114100048
APPROVED BY : HASANUDIN, S.T., M.T.			



## BIODATA PENULIS



Rahardian Ahmad Fauzi, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Banyuwangi pada 15 Maret 1996 silam, Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Dharma Wanita Trembelang, kemudian melanjutkan ke SDN 4 Cluring, SMPN 1 Cluring dan SMAN 1 Genteng. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2014 melalui jalur SBMPTN.

Di Departemen Teknik Perkapalan Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi *staff* Departemen Hubungan Luar HIMATEKPAL FTK-ITS 2015/2016 serta *kepala divisi external* Departemen Hubungan Luar HIMATEKPAL FTK-ITS 2016/2017.

Email: rahardian.ahmad15@gmail.com